

Niveau(x) d'enseignement: 4
Centre d'intérêt: 841

Numéro EDUQ : 8670292

Lemoyne, Gisèle.

Connaissances et habiletés en mathématiques des élèves en adaptation scolaire / Gisèle Lemoyne, Louise Bisson-Trépanier; [pour l'] Université de Montréal, Faculté des sciences de l'éducation, Section d'orthopédagogie. -- Montréal : La Faculté [1985?].
ix, 131 p. : fig. ; 22 cm.

"La publication de ce rapport a été rendue possible grâce à une subvention du fonds F.C.A.R.". Bibliogr.: p. [129]-131.

ISBN 2-920298-28-3

Vedette(s)-secondaire(s): Bisson-Trépanier, Louise + Université de Montréal. Section d'orthopédagogie

Descripteur(s): Mathématiques + Difficulté d'apprentissage + Adaptation scolaire + Test de diagnostic + Evaluation de l'apprentissage + Secondaire (Ordre d'enseignement)

Identificateur(s) de sujet: Classes d'adaptation

L'étude, réalisée au moyen de trois tests (reproduits en annexe) administrés à trente élèves de 12 et 13 ans inscrits dans des classes d'adaptation de premier secondaire, avait pour but d'identifier les connaissances et les habiletés en mathématiques des élèves du secondaire I admis dans des classes d'adaptation scolaire et de préciser les relations entre les connaissances et les habiletés de ces élèves et leurs niveaux de retard pédagogique. L'analyse des résultats fait ressortir des différences sensibles entre les connaissances et les habiletés des sujets présentant un retard pédagogique d'au moins trois ans et celles des sujets présentant un retard moins important.

Type de document: r

EDUQ 8670282

Gisèle Lemoyne
Louise Bisson-Trépanier

**Connaissances et habiletés
en mathématiques
des élèves
en adaptation scolaire**



Université de Montréal
Faculté des sciences de l'éducation

EDUQ 8670282

Gisèle Lemoyne
Louise-Bisson-Trépanier

**Connaissances et habiletés
en mathématiques
des élèves
en adaptation scolaire**

La publication de ce rapport
a été rendue possible grâce à
une subvention du fonds F.C.A.R.

Dépôt légal
2^e trimestre 1985
ISBN 2-020298-28-3



Université de Montréal
Faculté des sciences de l'éducation
Section d'orthopédagogie

09401-000005

Depuis plusieurs années, mes activités de recherche ont été orientées vers une meilleure compréhension des difficultés d'apprentissage en mathématiques des élèves des classes régulières et spéciales, des niveaux primaire et secondaire. Si j'ai pu, grâce à ma formation en psychologie cognitive et plus particulièrement, dans le domaine de la simulation par ordinateur des comportements logico-mathématiques d'enfants, grâce aussi aux méthodologies et aux résultats des recherches réalisées sur l'apprentissage des mathématiques, grâce enfin, à l'implication des étudiants gradués dans mes activités de recherche, mettre en évidence certaines règles, certaines stratégies et certains heuristiques des enfants éprouvant des difficultés d'apprentissage en mathématiques et préciser et formaliser, à l'aide de modèles informatiques de simulation, ces processus de raisonnement, j'ai par ailleurs, jusqu'à tout récemment, rencontré de nombreux obstacles dans l'élaboration d'une problématique et d'une méthodologie de recherche pouvant faciliter l'examen des processus de formation et de compréhension des notions mathématiques des élèves présentant des difficultés majeures d'apprentissage. Ces obstacles m'ont amené à négliger la majorité des demandes des étudiants gradués

concernant la direction de travaux de recherche sur les problèmes majeurs d'apprentissage.

Dans ce contexte particulier, lorsque Louise Bisson-Trépanier m'a demandé de diriger son mémoire sur les difficultés en mathématiques des élèves inscrits dans des classes d'adaptation (Bisson-Trépanier, L. Connaissances et habiletés en mathématiques des élèves du secondaire inscrits dans les classes d'adaptation scolaire, Mémoire de maîtrise inédit, Université de Montréal, 1984), j'ai d'abord refusé de m'y engager, tout en reconnaissant l'importance et la pertinence d'effectuer des recherches en ce domaine. Un examen des résultats de recherche en ce domaine, peu nombreux et fort globaux, m'a par la suite rendu conscient des exigences et des responsabilités liées à la direction d'un tel projet. Il me fallait, de la même manière que l'étudiante, définir une problématique et une méthodologie de recherche appropriées. L'examen des recherches dans les domaines des problèmes d'apprentissage, de l'apprentissage des mathématiques, de la psychologie cognitive et enfin, de l'intelligence artificielle a toutefois facilité cette démarche.

La recherche décrite dans ce rapport constitue une première étape vers la compréhension des problèmes

d'apprentissage des élèves en classes d'adaptation: elle est le fruit d'une collaboration de tous les instants entre le directeur de recherche et l'étudiante. Elle rend peu compte toutefois des obstacles que nous avons rencontrés. En effet, il nous a fallu recommencer souvent les premières entrevues à la base du choix des contenus des épreuves d'évaluation des connaissances et des habiletés en mathématiques des sujets concernés: il a aussi été nécessaire d'analyser à maintes reprises les comportements de ces sujets: il a souvent été indispensable de confronter nos points de vue sur les difficultés de ces sujets, confrontation permettant, à certaines occasions, de détruire nos préjugés respectifs: il a, à quelques reprises, été salutaire de rédiger indépendamment certaines parties du mémoire à l'origine de ce rapport, afin de préciser nos concepts, nos méthodes d'analyse des résultats et enfin, nos interprétations de ces résultats.

Le lecteur qui désire recueillir des informations précises sur les connaissances et les habiletés en mathématiques des élèves des classes d'adaptation et sur les modalités possibles des interventions rééducatives auprès de ces élèves sera sûrement déçu, s'il fait abstraction des considérations précédentes. La lecture de ce rapport, nous l'espérons, suscitera certaines

réflexions ou certaines interrogations sur les problèmes
majeurs d'apprentissage et contribuera peut-être à
renouveler les problématiques de recherche en ce domaine.

Gisèle Lemoine, professeur agrégé
Faculté des Sciences de l'Éducation
Université de Montréal

Table des matières

Avant-propos	i
Table des matières	v
Sommaire	vii
Chapitre I: Problématique	1
Caractéristiques du fonctionnement des enfants présentant des troubles graves d'apprentissage	2
Analyse des difficultés en mathématiques des enfants présentant des retards pédagogiques importants	10
Objectifs de la recherche	22
Chapitre II: Description de l'expérience	27
Sujets	28
Description des épreuves	29
Déroulement de l'expérience	42
Chapitre III: Analyse des résultats	43
Analyse des comportements aux épreuves d'évaluation	44
Analyse des possibilités d'intégration, à court terme, de certaines connaissances et habiletés en mathématiques	62
Sommaire des résultats	70
Chapitre IV: Interprétation des résultats et conclusions	74

Apports de la recherche	75
Limites de la recherche	85
Conclusions	88

Appendices	90
------------	----

Appendice A: Epreuve principale	91
Appendice B: Epreuves complémentaires d'évaluation	101
Appendice C: Epreuves complémentaires d'intégration des connaissances et des habiletés	121

Références	128
------------	-----

Liste des tableaux

Tableau 1: Performances des sujets du groupe I à l'épreuve principale	46
Tableau 2: Performances des sujets du groupe II à l'épreuve principale	47
Tableau 3: Performances des sujets du groupe I aux épreuves complémentaires d'évaluation	54
Tableau 4: Performances des sujets du groupe II aux épreuves complémentaires d'évaluation	55

Sommaire

La présente étude avait pour objectifs principaux d'identifier les connaissances et les habiletés en mathématiques des élèves du secondaire I admis dans des classes d'adaptation scolaire et de préciser les relations entre les connaissances et les habiletés de ces élèves et leurs niveaux de retard pédagogique.

Trente sujets ont participé à l'expérimentation; ces sujets étaient tous inscrits dans des classes d'adaptation scolaire. Près de la moitié d'entre eux présentaient un retard pédagogique d'au moins trois ans; les autres sujets ne présentaient pas de retard aussi important. Afin d'évaluer les connaissances et les habiletés en mathématiques de ces sujets, trois types d'épreuves leur furent administrées: une épreuve générale d'évaluation choisie parmi les épreuves mathématiques présentées aux élèves, au moment de leur admission au secondaire; des épreuves complémentaires d'évaluation portant sur le rappel des faits additifs, sur les stratégies additives, sur le système de numération, sur la résolution de problèmes mathématiques concrets et sur la résolution

d'équations simples; des épreuves complémentaires visent une intégration de certaines connaissances et de certaines habiletés sur les opérations et sur le système de numération, ainsi que sur la résolution de problèmes mathématiques concrets.

L'analyse des résultats fait ressortir les différences entre les connaissances et les habiletés en mathématiques des sujets présentant un retard pédagogique d'au moins trois ans et celles des sujets présentant un retard pédagogique moins important. Le fonctionnement mathématique des élèves présentant un retard pédagogique d'au moins trois ans se caractérise principalement par une faible mobilité opératoire et par le recours à des stratégies numériques élémentaires. En effet, la majorité de ces sujets ne peuvent utiliser spontanément leurs connaissances sur les propriétés des opérations arithmétiques et sur les relations entre les nombres, pour construire des stratégies efficaces de calcul, de rappel de faits additifs et de résolution de problèmes. Ils privilégient généralement une stratégie et l'appliquent à toutes les situations similaires. Ces sujets ignorent les algorithmes de la multiplication et de la division et effectuent des additions et des soustractions en appliquant très souvent des stratégies élémentaires.

Le comportement mathématique des sujets présentant un retard pédagogique moins important montre une plus grande habilité opératoire et une meilleure intégration des connaissances et des habiletés en mathématiques. Les résultats aux différentes épreuves indiquent que la majorité de ces sujets maîtrisent les algorithmes d'addition et de soustraction, peuvent effectuer des multiplications et des divisions simples, ont une compréhension satisfaisante du système de numération et appliquent des stratégies additives variées, utilisent alors les relations entre les opérations et les nombres; ils interprètent aussi correctement diverses situations additives et multiplicatives incluses dans les problèmes mathématiques concrets. L'ignorance des techniques de multiplication et de division semble être le principal problème de ces sujets; elle apparaît aussi responsable de leurs rendements insuffisants en mathématiques.

Chapitre I
Problématique

Les études effectuées par Diggory (1979), Halpern (1991) et Ross (1977) indiquent que plusieurs enfants en difficultés d'apprentissage ne parviennent pas, même après plusieurs années d'enseignement, à maîtriser des notions arithmétiques relativement simples. Ces enfants devenus adolescents se retrouvent généralement dans des classes dites "d'adaptation" et leurs progrès, au fil des années, sont à peine perceptibles. Si plusieurs recherches ont permis de préciser certaines caractéristiques du fonctionnement cognitif et social de ces élèves, peu d'études ont toutefois été orientées vers une évaluation systématique des connaissances et des habiletés de ces élèves. De plus, les quelques évaluations connues ont généralement été effectuées en utilisant les épreuves de performance habituelles élaborées pour les élèves qui ne présentent pas de difficultés d'apprentissage.

Dans une perspective de rééducation des difficultés en mathématiques, il apparaît essentiel de préciser les connaissances et les habiletés mathématiques de ces élèves, en tenant compte de leurs caractéristiques de fonctionnement; il apparaît également important d'évaluer leurs capacités d'apprentissage. L'étude actuelle est orientée en ce sens. Par une évaluation à la fois usuelle

et clinique, elle veut préciser les relations entre le niveau de retard pédagogique et les connaissances et les habiletés en mathématiques des adolescents inscrits dans des classes d'adaptation. Elle veut aussi fournir certaines indications sur les capacités d'intégration à court terme de différentes connaissances et habiletés en mathématiques de ces élèves.

Les études sur le fonctionnement cognitif et social des élèves présentant des retards pédagogiques importants, ainsi que les recherches davantage orientées vers l'identification des habiletés et des connaissances en mathématiques de ces élèves constituent le cadre théorique et expérimental de l'étude présente. Afin de préciser ce cadre de recherche, seules les études permettant de décrire l'état actuel des connaissances dans ces domaines sont maintenant présentées.

Caractéristiques du fonctionnement des enfants présentant des troubles graves d'apprentissage

Le fonctionnement cognitif et social des enfants présentant des problèmes socio-affectifs importants ou des enfants présentant des handicaps physiques ou sensoriels a fait l'objet d'une quantité impressionnante de recherches; les études sur le fonctionnement cognitif et social des

enfants éprouvant des difficultés d'apprentissage majeures, mais ne présentant pas de problèmes psychologiques ou physiques apparents, sont cependant peu nombreuses. Depuis quelques années toutefois, le fonctionnement des enfants en difficultés d'apprentissage graves semble retenir davantage l'attention des chercheurs en psychologie de l'éducation. Il apparaît pertinent de présenter ces dernières études puisqu'elles contribuent à une meilleure compréhension des problèmes d'apprentissage.

Fonctionnement cognitif des élèves en difficultés d'apprentissage

Dans une étude sur les difficultés d'apprentissage, Diggory (1979) précise certaines caractéristiques du fonctionnement cognitif des élèves présentant des difficultés sérieuses d'apprentissage. Ces précisions sont apportées à la suite d'un examen des résultats de plusieurs recherches sur les difficultés d'apprentissage. Ces résultats, souligne l'auteur, permettent d'infirmer une première hypothèse explicative des difficultés d'apprentissage maintes fois avancée par les praticiens de l'éducation, hypothèse reliant les difficultés d'apprentissage à un quotient intellectuel inférieur à celui de la moyenne des enfants. Les élèves en difficultés d'apprentissage présentent cependant certaines difficultés

de fonctionnement logique, de représentation spatiale et de rétention; ils montrent, plus fréquemment que les autres élèves, une rigidité intellectuelle souvent traduite par leur persévérance à appliquer des procédures inadéquates ou à exprimer des idées inappropriées. Diggory souligne enfin leur incapacité à effectuer des calculs simples et à enregistrer des faits additifs et multiplicatifs de base; cette incapacité ne peut, selon l'auteur, être reliée à une incompréhension des relations entre les nombres et les opérations.

Les caractéristiques du fonctionnement cognitif des enfants en difficultés d'apprentissage décrites par Diggory sont reconnues importantes par plusieurs autres chercheurs en ce domaine. Halpern (1981) et Ross (1977) soulignent aussi les problèmes d'attention sélective, de mémoire immédiate et d'enregistrement à long terme de connaissances de base. Les enfants en difficultés d'apprentissage non seulement ignorent très souvent des faits connus de la plupart des enfants normaux, mais aussi, plus souvent que les enfants normaux, ils ont tendance à centrer leur attention sur des détails superflus, encombrant ainsi inutilement leur mémoire à court terme. Ils ne peuvent aussi effectuer des inférences élémentaires et relier cause et effet; ils sont souvent incapables de planification, d'anticipation. Ces

dernières difficultés, selon plusieurs chercheurs (Diggory, 1979; Halpern, 1981; Ross, 1977; Spivak, Platt et Shure, 1976), sont principalement responsables des difficultés en résolution de problèmes rencontrées chez ces enfants.

Les facteurs invoqués précédemment pour expliquer les difficultés en résolution de problèmes sont toutefois globaux et n'ont pas été soumis à une analyse systématique ou à un examen critique. Bien qu'elle ne porte pas précisément sur le rôle de ces facteurs dans les difficultés en résolution de problèmes, l'étude de Halpern (1981) mérite d'être décrite parce qu'elle permet de situer dans un cadre plus global de fonctionnement, les difficultés en résolution de problèmes de ces enfants. Par une observation attentive des comportements intellectuels de ces enfants, Halpern montre comment les difficultés en résolution de problèmes mathématiques doivent être envisagées, non pas comme des problèmes particuliers, mais plutôt comme reflétant certaines caractéristiques générales du fonctionnement cognitif de ces élèves. Ces élèves ont assimilé peu de connaissances mathématiques pratiques; la majorité ignorent le coût des principaux objets de consommation et des services communautaires et ne peuvent manipuler correctement l'argent. Ils ne peuvent aussi planifier certaines

dépenses essentielles, ni prévoir le coût de leur consommation scolaire quotidienne. Ils sont enfin influencés par le mode de présentation des problèmes pratiques: plus habiles à résoudre des problèmes présentés oralement que des problèmes écrits, ils sont incapables de faire la transition entre ces modes de transmission des informations. Ces caractéristiques de fonctionnement expliquent, selon Halpern, leur dépendance fonctionnelle, si souvent observée par les éducateurs qui en ont la responsabilité.

Fonctionnement social des enfants en difficultés d'apprentissage

Le fonctionnement social des enfants en difficultés d'apprentissage doit, selon Bryan (1976), être relié à leur fonctionnement cognitif. Ces élèves sont fréquemment rejetés par leurs pairs: ce rejet n'est qu'en partie attribuable aux valeurs intellectuelles du milieu socio-culturel et scolaire. Bryan note en effet que les élèves en difficultés produisent plus que les autres des situations compétitives, en raison principalement de leurs difficultés à interpréter correctement les communications non verbales et l'ensemble des situations sociales. Leurs déficits perceptuels, leurs problèmes d'attention et leur style cognitif impulsif pourraient être à l'origine de leurs conflits avec leurs pairs. Cette explication est

aussi partagée par Budreck (1975), Emery (1975) et Bruno (1981).

Dans une étude sur l'identification de la signification de certaines expressions sociales, Budreck et Emery montrent que les enfants en difficultés commettent plus que leurs pairs "normaux" des erreurs d'interprétation. Les recherches de Bruno apportent aussi des résultats similaires. Ce chercheur analyse les réponses des enfants en difficultés d'apprentissage et celles des enfants "normaux" à des exercices de déduction sociale composés de pictogrammes. Les enfants en difficultés se révèlent moins habiles que les enfants normaux dans la prédiction des conséquences des événements représentés dans les pictogrammes; toutefois, les réponses des enfants en difficultés sont comparables à celles des enfants "normaux" dans les exercices d'identification des antécédents de ces événements.

Analyse des caractéristiques du fonctionnement cognitif et social des élèves en difficultés d'apprentissage

Les élèves présentant des difficultés sérieuses d'apprentissage manifestent des problèmes de fonctionnement cognitif et social. Leurs comportements apparaissent souvent stéréotypés, rigides et peu adaptés

aux situations et aux événements cognitifs et sociaux. Les théories sur l'apprentissage et sur la mémoire permettent de mieux comprendre ces comportements.

Gagné (1977) identifie différentes phases du processus d'apprentissage: l'appréhension, la perception sélective, l'enregistrement en mémoire à court terme, la rétention, le retrait et le transfert sont autant de phases généralement présentes dans toute démarche d'apprentissage. Ces diverses phases sont aussi reconnues essentielles par les chercheurs dans le domaine de l'apprentissage des mathématiques, notamment par Diggory (1979). Les élèves en difficultés d'apprentissage majeures semblent incapables d'exécuter de façon satisfaisante les opérations impliquées à chacune de ces phases. Ils ne peuvent souvent centrer leur attention sur les éléments pertinents d'une situation; ils éprouvent des difficultés à organiser, à retenir et à rappeler les connaissances et les habiletés acquises; ils éprouvent enfin des problèmes importants de généralisation ou de transfert des connaissances et des habiletés.

Leurs processus inadéquats d'enregistrement, de traitement et d'organisation des informations en mémoire pourraient, selon les résultats des études sur la mémoire (Anderson, 1976, 1980; Gagné et White, 1978; Ausubel,

1962, 1968), être responsables de la majorité de leurs difficultés d'apprentissage. En effet, les élèves en difficultés sérieuses d'apprentissage semblent avoir retenu, à la suite des enseignements, des règles d'actions spécifiques liées aux situations et aux événements dans lesquels elles ont été élaborées; leurs connaissances semblent aussi avoir été retenues de façon similaire. Il n'est pas étonnant que ces élèves ne puissent appliquer à des situations variées, leurs règles et leurs connaissances; les problèmes de transfert soulignés précédemment seraient ainsi associées aux représentations des informations en mémoire.

Les études effectuées par Ausubel (1962), Hartley et Davies (1976), Greeno (1972), Wittrock (1967) et Wichelgren (1974) montrent qu'il est possible d'intervenir sur le développement des stratégies d'enregistrement, de traitement et d'organisation des informations en mémoire. Les interventions effectuées dans ces études, bien que fort variées, partagent un même objectif général: permettre une meilleure intégration des informations. Les interventions sont dans la plupart des cas sous forme de consignes orientant le fonctionnement des processus impliqués à l'une ou l'autre des phases d'apprentissage définies par Bagné (1977). Ces consignes ont non seulement un effet positif sur la performance immédiate,

mais aussi sur les performances subséquentes à des tâches similaires. Il convient toutefois de préciser que ces études sont réalisées auprès d'enfants n'éprouvant pas de difficultés d'apprentissage majeures.

Analyse des difficultés en mathématiques
des enfants présentant des retards
pédagogiques importants

Les études sur les difficultés en mathématiques des élèves présentant des retards pédagogiques importants se sont multipliées depuis une dizaine d'années: les politiques éducatives de démocratisation de l'enseignement et plus récemment, les politiques sur les services aux élèves en difficultés d'apprentissage, ont sûrement contribué à faire reconnaître l'importance des recherches en ce domaine. Les apports principaux de ces recherches se situent aux niveaux d'une meilleure identification des erreurs et des difficultés et d'une meilleure connaissance des processus impliqués dans la production des erreurs.

L'examen des erreurs et des difficultés en mathématiques a presque exclusivement été restreint aux domaines du calcul arithmétique et de l'application des opérations arithmétiques à des situations concrètes. Bruckner (1931) relève les erreurs les plus fréquentes dans l'application des techniques de calcul, chez une

population de 106 élèves de 6e année présentant des problèmes d'apprentissage. Ces erreurs sont toutefois décrites très globalement et les processus responsables de ces erreurs ne sont pas précisés. Les progrès effectués en psychologie cognitive et en psychologie de l'éducation permettent présentement une description plus précise des erreurs de calcul.

Difficultés en calcul

Brown et Burton (1978) élaborent un modèle informatisé d'analyse des erreurs. Les élèves dans l'application des techniques d'addition et de soustraction. Leur modèle est essentiellement un programme LISP qui propose des exercices de calcul, interprète les réponses, formule et vérifie des hypothèses sur les stratégies utilisées par les sujets. Ce modèle est validé auprès d'une population de 1325 enfants du second cycle du primaire. Les règles à la base des erreurs les plus fréquemment observées chez cette population sont: 1. l'addition de tous les chiffres des nombres, indistinctement (ex.: $18 + 6 = 15$); 2. l'addition répétée d'une même retenue (ex.: $356 + 7 = 463$); 3. l'inscription dans la somme du chiffre des dizaines seulement, lorsque la somme des deux nombres dans une colonne est supérieure à 9 (ex.: $26 + 7 = 21$); 4.

l'addition croisée des nombres (ex.: $14 + 3 = 47$); 5. la juxtaposition de chacun des nombres, selon un ordre décroissant (ex.: $81 + 7 = 817$), le plus grand des deux nombres étant d'abord inscrit. Dans la soustraction, les procédés les plus fréquents sont: 1. la permutation des nombres dans une position (ex.: $143 - 28 = 125$); 2. l'oubli de soustraire 1 au nombre modifié à la suite d'un emprunt (ex.: $143 - 29 = 124$); 3. la substitution de 9 au premier 8 et de 10 au second 8, sans procéder à une modification du nombre qui les précède (ex.: $1388 - 522 = 878$); 4. l'utilisation d'un calcul du type $8 - n = 8$ (ex.: $8 - 9 = 8$); 5. l'utilisation d'un calcul du type $8 - n = n$ (ex.: $8 - 4 = 4$); 6. la substitution de 10 à chacun des 8 d'un nombre de la première rangée, dans une situation d'emprunt (ex.: $1388 - 522 = 788$); 7. la substitution de 10 à 1, lors d'un emprunt (ex.: $321 - 89 = 231$); 8. la généralisation de l'emprunt à tous les nombres, dans les diverses positions (ex.: $622 - 357 = 265$); 9. l'emprunt effectué dans la position la plus à gauche (ex.: $622 - 357 = 115$).

Cox (1975) compare les erreurs de calcul des enfants normaux et des enfants handicapés: le groupe témoin est formé de 564 élèves fréquentant des classes régulières du primaire et le groupe expérimental est constitué de 180 élèves du niveau primaire fréquentant des classes

spéciales et présentant des retards pédagogiques. Il observe une différence significative entre les résultats des deux groupes. En addition, 64% des enfants handicapés écrivent $46 + 3 = 79$ et $21 + 8 = 109$, alors qu'aucun enfant du groupe témoin produit cette erreur; 60% des enfants handicapés et 11 % des enfants normaux répondent 81 à l'addition $48 + 3$ et 178 à l'addition $79 + 9$; 50% des enfants handicapés et aucun des enfants du groupe témoin répondent 547 à l'addition $436 + 11$ et 398 à l'addition $172 + 26$; 44% des enfants handicapés et 15% des enfants normaux écrivent $24 + 67 = 811$. Dans la soustraction, une erreur distingue les deux groupes d'enfants: 38% des enfants handicapés et seulement 7% des enfants normaux écrivent $87 - 4 = 43$ ou $43 - 1 = 32$. Les résultats de cette étude sont similaires à ceux des études réalisées par Brown et Burton (1978), par Brueckner (1931) et par Smith (1972); les enfants en difficultés d'apprentissage, qu'ils soient handicapés ou non, semblent avoir construit des règles similaires d'addition et de soustraction.

Dans son étude comparative entre les erreurs produites par les enfants handicapés et celles produites par les enfants normaux, Cox (1975) identifie aussi les erreurs qui, dans l'application des techniques de multiplication et de division, différencient les deux groupes d'enfants. 70% des enfants handicapés et 32 % des

enfants normaux multiplient ainsi les nombres 247 et 5: ils considèrent chacun des chiffres du multiplicande comme un nombre indépendant et procèdent à la multiplication des trois nombres ainsi obtenus: le produit résultant est alors 102035. 38% des enfants normaux et aucun des enfants handicapés procèdent ainsi pour la multiplication 539×3 : $9 \times 3 = 27$, $2 + 3 = 5$, $5 \times 3 = 15$, $5 + 1 = 6$, $3 \times 6 = 18$: le produit trouvé est dans ce cas 1857. 28% des enfants normaux et 47% des enfants handicapés associent un produit incorrect à la multiplication $0 \times n$: 40% des enfants handicapés et 19% des enfants normaux procèdent à une division autonome de chacun des éléments du dividende par le diviseur et de cette façon, trouvent 11 pour quotient de la division $56 / 4$. Tous les enfants handicapés et aucun enfant normal produisent l'erreur suivante: $342 / 6 = 573$; cette réponse est obtenue de la façon suivante: $34 / 6 = 5$, $44 / 6 = 7$, $22 / 6 = 3$. L'erreur suivante est produite aussi fréquemment par les sujets des deux groupes: $5448 / 26 = 29 \text{ r } 14$; cette erreur est aussi très fréquemment observée chez les élèves du secondaire I, selon les témoignages des enseignants de ce niveau (Brenon, 1982). Enfin, Cox remarque que plusieurs de ces erreurs demeurent encore plusieurs années plus tard; cette stabilisation des règles de calcul pourrait toutefois s'expliquer par l'ignorance de ces règles chez les enseignants ou encore par l'absence d'interventions efficaces permettant de les modifier.

Difficultés dans la résolution d'équations linéaires

Les recherches précédentes contribuent à une meilleure identification et aussi à une évaluation plus précise des réponses des élèves à des exercices de calcul. Les règles construites par les enfants pour effectuer divers calculs arithmétiques traduisent souvent une incompréhension des opérations et des nombres; il apparaît alors essentiel de présenter les études sur les stratégies utilisées par les enfants dans les exercices de complétion d'équations arithmétiques et de suites numériques.

Lindwall et Ibarra (1989) identifient les procédés incorrects utilisés fréquemment par les élèves de 5^e année, dans la recherche du terme absent dans une équation linéaire. Dans une équation de la forme $a + -- = c$ ou de la forme $-- + b = c$, l'erreur la plus fréquente provient de l'addition des deux nombres présentés; dans une équation de la forme $c = a + --$ ou de la forme $c = -- + b$, l'addition des deux nombres constitue aussi une règle fréquemment utilisée. Dans une équation de la forme $-- - b = c$, plusieurs enfants soustraient les deux nombres. Des erreurs similaires sont observées chez les élèves de 1^{ère} année, dans des équations de mêmes types mais incluant des nombres inférieurs à 10. En effet, Lemoyne et Favreau

(1981), dans leur recherche sur les relations entre les stratégies additives des enfants et leur niveau opératoire concret, identifient des stratégies similaires à celles décrites par Lindvall et Ibarra. Leur recherche paraît aussi de préciser les processus élémentaires impliqués dans les stratégies de complétion d'équations linéaires. Ainsi, plusieurs enfants ne connaissent que quelques faits additifs et certains d'entre eux n'ont recours qu'à des stratégies de dénombrement fort simples (représentation concrète des quantités et comptage) : ces enfants échouent aux différents exercices sur les équations. Les autres enfants montrent une compréhension intuitive des aspects cardinal et ordinal du nombre et trouvent certaines sommes et certaines différences par des activités de parcours de la suite des nombres : ces enfants montrent généralement une compréhension satisfaisante des opérations additives, de la composition additive des nombres et de la relation d'égalité et réussissent l'ensemble des exercices de complétion proposés. Il semble essentiel, dans une évaluation des connaissances et des habiletés en mathématiques des élèves en difficultés graves d'apprentissage, d'inclure des exercices de complétion d'équations linéaires, ces exercices pouvant éclairer sur la compréhension du nombre.

Difficultés dans l'identification des prédécesseurs et des successeurs des nombres

Les études de Diggory (1979) et de Halpern (1981) sur le fonctionnement cognitif des élèves en difficultés graves d'apprentissage font état des déficits de ces élèves, aux niveaux de la connaissance des faits additifs simples et des notions élémentaires sur les nombres. Récemment, quelques recherches ont été effectuées sur l'analyse des stratégies de dénombrement et de complétion de suites numériques. Ces recherches renseignent sur l'organisation en mémoire de la suite des nombres chez les enfants (Bessot & Comiti, 1978; Comiti, 1980; Gelman & Galisteil, 1978; Steffe & Hatfield, 1977; Lemoyne & Vincent, 1982). L'étude effectuée par Lemoyne et Vincent auprès d'élèves de première année permet de préciser les relations entre les stratégies de complétion de suites numériques et l'organisation en mémoire de la suite des nombres. La majorité des élèves de ce niveau scolaire semblent avoir associé en mémoire chacun des nombres inférieurs à 40 avec leurs voisins immédiats; ainsi, ils rappellent très rapidement les prédécesseurs et les successeurs de ces nombres. Certains élèves toutefois ne peuvent rappeler directement les prédécesseurs et les successeurs des nombres supérieurs à 40; ils doivent procéder en cherchant d'abord un nombre plus petit que le nombre donné et en rappelant successivement les nombres qui suivent le nombre trouvé précédemment. Quelques

élèves aussi ne peuvent rappeler correctement les prédécesseurs et les successeurs de certains nombres inférieurs à 40; ces derniers éprouvent toujours des difficultés de rappel, même après plusieurs années de scolarité, selon les entrevues effectuées auprès d'eux durant les années qui ont suivi la première expérimentation. Ces entrevues font aussi ressortir des problèmes majeurs d'apprentissage chez ces élèves: la majorité de ces élèves ont encore recours à des stratégies élémentaires d'addition et de soustraction et ne semblent pas, selon les résultats à certains des exercices élaborés par Smith (1972) sur le système de numération, avoir construit une représentation adéquate des notions d'unité, de dizaine et de centaine. Bien que ces résultats ne soient obtenus qu'à la suite d'entrevues réalisées auprès d'un petit nombre d'élèves (10), ils semblent indiquer que les problèmes majeurs d'apprentissage notés chez les adolescents des classes d'adaptation scolaire se retrouvent déjà chez ces mêmes élèves après quelques années de scolarité et ne sont pas résolus au cours des années subséquentes. Il apparaît essentiel, avant de formuler des conclusions en ce sens, de procéder à une évaluation des connaissances et des habiletés des adolescents présentant des retards pédagogiques importants: les résultats des recherches réalisées par Diggory (1978) et Halpern (1981), ne provenant pas d'une évaluation systématique, ne peuvent aussi être utilisés.

Difficultés dans la résolution de problèmes mathématiques concrets

La résolution de problèmes mathématiques concrets pose de sérieuses difficultés à plusieurs élèves de différents niveaux scolaires. Les études de Clement (1980) et Feeman (1977) montrent qu'une proportion importante d'élèves du primaire ne peuvent résoudre des problèmes pourtant relativement simples. La plupart des chercheurs situent au niveau de la construction d'une représentation interne de la structure des problèmes, les difficultés majeures des élèves (Newman, 1977; Casey, 1978; Krutetskii, 1976; Greeno, 1978; Mayer, 1982; Hinsley, Hayes & Simon, 1977). Selon Feeman et Clement, plusieurs élèves ne maîtrisent pas la tâche de lecture de l'énoncé d'un problème et ne peuvent ainsi élaborer une représentation adéquate de la situation. Plusieurs élèves ne peuvent ainsi dégager les informations pertinentes à la résolution; ces difficultés selon Krutetskii se retrouvent généralement chez la majorité des élèves qui échouent à ces exercices mathématiques.

Les difficultés en résolution de problèmes sont aussi liées aux schémas de connaissances inadéquates de plusieurs élèves. Hinsley, Hayes et Simon montrent que

les schémas de connaissances associés à des catégories contextuelles influencent les stratégies de résolution de problèmes. Ces chercheurs présentent, à des élèves du secondaire, 76 problèmes et les invitent à les regrouper. Les catégories sont alors constituées. Le regroupement survient souvent très tôt pendant la lecture des problèmes et les sujets semblent alors faire appel à leurs schémas de connaissances: les problèmes ainsi associés à des schémas de connaissances appropriées sont interprétés et résolus rapidement à l'aide de stratégies efficaces et économiques.

L'influence des schémas de connaissances sur la résolution de problèmes mathématiques concrets est aussi analysée par Bell (1982) et Lemoyne et Tremblay (1983). En effet, dans des études effectuées auprès d'élèves du second cycle du primaire éprouvant des difficultés d'apprentissage en mathématiques, Lemoyne et Tremblay demandent à ces sujets d'associer, à des catégories contextuelles diverses, des informations qui leur permettent d'élaborer une situation de résolution de problèmes. Elles observent alors que plusieurs de ces sujets qui échouent à des problèmes fort simples sont incapables d'associer des informations pertinentes aux catégories contextuelles proposées; de plus, plusieurs parmi eux utilisent des quantités numériques arbitraires.

sans rapport avec la réalité. Les réponses de ces sujets semblent indiquer l'absence de schémas de connaissances pertinentes reliés à diverses situations pratiques; cette absence serait en partie responsable de leurs difficultés majeures dans le domaine de la résolution de problèmes.

Les difficultés en résolution de problèmes semblent aussi reliées à des difficultés d'interprétation de certaines expressions incluses dans les énoncés des problèmes. Selon Mayer (1982), les propositions de type relationnel (ex.: deux ans de plus que, aussi longue que) sont plus difficilement interprétées que les autres, même par des étudiants adultes. La recherche de Bell (1982) sur les processus de résolution de problèmes des élèves inscrites dans des classes de transition, en plus de confirmer les résultats précédents, permet d'identifier d'autres formes d'expressions générant des interprétations inadéquates. Ainsi, plusieurs élèves de ce niveau ne savent pas distinguer les expressions de la forme "x pour y" de celles de la forme "x par y" ou de la forme "x à y"; par exemple, l'expression "au total 125 bonbons pour 5 enfants" est interprétée de la même façon que l'expression "125 bonbons à chacun des 5 enfants".

Les études précédentes sur les difficultés en mathématiques sont effectuées auprès d'élèves de classes régulières ou d'élèves éprouvant certes des difficultés mais qui ne présentent pas des retards pédagogiques aussi importants que ceux identifiés chez les adolescents des classes d'adaptation scolaire. Les adolescents qui présentent ces problèmes majeurs d'apprentissage semblent, selon les études de Digory (1979) et de Halpern (1981), disposer de peu de connaissances pratiques et d'habiletés en calcul. Ils pourraient sous plusieurs aspects se rapprocher des enfants jeunes; ils pourraient sous d'autres aspects ressembler davantage aux élèves faibles des niveaux 5e, 6e et secondaire I. Pour ces raisons, il est apparu important de faire un relevé des résultats des recherches sur les problèmes d'apprentissage effectuées tant auprès des élèves du premier cycle du primaire qu'auprès des élèves du second cycle du primaire et de secondaire I.

Objectifs de la recherche

Peu d'études sur le fonctionnement cognitif et social et sur le fonctionnement en mathématiques des adolescents présentant des retards académiques importants ont été jusqu'à maintenant effectuées. Les résultats de ces études, quoique très globaux, peuvent orienter les

recherches en ce domaine et permettre ainsi une meilleure compréhension des difficultés scolaires de ces adolescents, décrits comme intelligents, mais ne réussissant pas à intégrer des notions mathématiques pourtant relativement simples. Dans une perspective éducative, il semble essentiel de préciser davantage les connaissances et les habiletés de ces adolescents; il apparaît également important d'évaluer les capacités d'intégration des notions mathématiques. L'atteinte de ces objectifs pose cependant des problèmes non négligeables.

Un premier problème se situe au niveau des instruments d'évaluation. La majorité des études sur l'identification des difficultés en mathématiques et des processus responsables de ces difficultés ont, comme il a été souligné à plusieurs reprises dans le texte précédent, été réalisées auprès d'élèves ne présentant pas des retards pédagogiques aussi importants que ceux observés chez les adolescents en classe d'adaptation. Il est alors peu indiqué d'utiliser uniquement des épreuves formelles d'évaluation; il apparaît aussi difficile d'élaborer d'autres types d'épreuves sans connaître davantage le fonctionnement de ces élèves. Pour ces raisons, il est apparu plus pertinent d'avoir recours, dans un premier temps, à une épreuve de rendement permettant d'obtenir un

bilan global des habiletés et des connaissances en mathématiques puis, dans un second temps, de procéder à des entrevues cliniques permettant de construire d'autres épreuves complémentaires d'évaluation.

L'évaluation des capacités d'intégration des connaissances et des habiletés en mathématiques est, de toute évidence, une tâche complexe. Les études sur les processus à l'origine des erreurs commises par les élèves, de même que celles effectuées sur le développement de stratégies de traitement, d'organisation et d'enregistrement des informations en mémoire, dans un contexte d'application des théories d'apprentissage et des théories sur la mémoire, fournissent certes quelques indications précieuses sur les caractéristiques globales des interventions susceptibles de faciliter l'intégration des connaissances et des habiletés, du moins à court terme, mais apportent peu de précisions ni sur les modalités de construction d'interventions orientées vers une meilleure maîtrise des contenus mathématiques, ni sur les critères pouvant guider le choix des contenus sur lesquels devraient porter les interventions.

Dans l'étude actuelle, l'intégration se définit par la constitution de réseaux de connaissances et d'habiletés en mathématiques riches et diversifiées et par

l'élaboration de stratégies de résolution de problèmes plus puissantes et plus économiques. L'évaluation des capacités d'intégration est appliquée aux connaissances sur les faits additifs et sur la suite des nombres, aux habiletés de calcul et enfin aux connaissances et aux habiletés pratiques et scolaires en résolution de problèmes mathématiques concrets; cette application se justifie par les résultats des recherches décrites précédemment sur les difficultés d'apprentissage. Divers exercices favorisant l'intégration de ces connaissances et de ces habiletés sont construits; ces exercices relativement simples permettent d'établir et d'utiliser certaines relations entre diverses connaissances et diverses habiletés, dans la résolution de tâches mathématiques de rappel de faits additifs, de complétion de suites numériques, de calcul et d'application des opérations arithmétiques à des problèmes concrets.

Dans la poursuite des objectifs de cette recherche, un autre facteur apparaît déterminant: l'identification des adolescents présentant des problèmes d'apprentissage. Puisqu'aucun instrument standardisé ne permet de déterminer l'ampleur des problèmes d'apprentissage de ces élèves, il semble alors prudent d'avoir recours aux évaluations effectuées par le milieu scolaire. Ainsi, sur la base des données du milieu scolaire, les adolescents

présentant un retard pédagogique supérieur à 3 ans sont distingués de ceux qui présentent un retard moins considérable. Les connaissances et les habiletés en mathématiques de ces adolescents, de même que leurs capacités d'intégration, sont reliées à leurs niveaux de retard pédagogique. Les différences observées entre les deux groupes d'élèves ne sont toutefois pas soumises à une analyse statistique; les limites de cette recherche, en raison principalement des problèmes discutés précédemment, vont à l'encontre d'une telle analyse.

Chapitre II
Description de l'expérience

Dans ce chapitre, les caractéristiques de l'échantillon sont d'abord précisées. Les épreuves expérimentales sont ensuite décrites et ces descriptions sont accompagnées d'une présentation des modes de passation et de correction des épreuves.

Sujets

Trente adolescents inscrits dans des classes d'adaptation scolaire et dont l'âge varie entre 12 ans 8 mois et 13 ans 11 mois participent à l'expérience; ils sont répartis en deux groupes, selon leur niveau de retard académique. Dans le groupe 1, on retrouve 14 élèves présentant un retard scolaire de 3 ans et plus; le groupe II est formé de 16 sujets présentant un retard scolaire moins important. La rareté de ce type de clientèle ainsi que l'éparpillement dans diverses localités nous ont amené à restreindre le nombre de sujets par groupe.

Tous les sujets des deux groupes ont un quotient intellectuel normal (selon les résultats de tests d'intelligence inscrits à leurs dossiers), ne souffrent pas d'handicaps physiques et proviennent pour la plupart

d'un milieu socio-économique faible. Pour les raisons mentionnées précédemment, il a été impossible de constituer des groupes homogènes, selon le sexe (groupe I: 13 garçons et 1 fille; groupe II: 10 garçons et 6 filles); les situations familiales des sujets des deux groupes sont cependant comparables. 9 sujets du groupe I et 7 sujets du groupe II vivent dans un foyer "normal"; 4 sujets du groupe I et 6 sujets du groupe II proviennent de familles monoparentales; 1 sujet du groupe I et 3 sujets du groupe II vivent en foyer nourricier. La proportion de sujets qui ont bénéficié de services rééducatifs ou thérapeutiques est différente dans les deux groupes. 11 sujets du groupe I comparativement à 2 sujets seulement du groupe II ont été suivis par des orthopédagogues pendant une période variant entre 2 et 7 ans; 6 sujets du groupe I et 4 sujets du groupe II ont bénéficié de services psychothérapeutiques.

DESCRIPTION DES ÉPREUVES

Une épreuve principale et des épreuves complémentaires servent à l'évaluation des connaissances et des habiletés en mathématiques des sujets des deux groupes; d'autres épreuves complémentaires permettent d'examiner très globalement et sommairement les possibilités d'apprentissage à court terme des sujets des deux groupes.

L'épreuve principale est choisie parmi les épreuves habituelles servant à mesurer les acquisitions en mathématiques des élèves ayant complété leurs études primaires, mais dont les performances sont bien inférieures à celles obtenues par leurs camarades. Les épreuves complémentaires sont élaborées à la suite d'entrevues cliniques effectuées auprès d'élèves inscrits dans des classes d'adaptation scolaire; elles servent à préciser les connaissances et les habiletés des élèves et à évaluer les possibilités d'intégration à court terme de certaines connaissances et de certaines habiletés mathématiques. Les appendices A, B et C présentent les contenus de ces épreuves.

Epreuves scolaires

L'épreuve principale se divise en deux parties: la première partie mesure les acquisitions du premier cycle et la seconde, celles du second cycle. Dans chacune de ces parties, les items sont regroupés selon leur contenu. Dans la première partie, on retrouve quatre contenus principaux: les opérations (a. addition: 7 exercices; b. soustraction: 6 exercices; c. multiplication: 10 exercices; d. division: 6 exercices), le système de numération (6 exercices), les fractions (5 exercices) et les problèmes arithmétiques concrets (applications des

opérations: 5 exercices). La seconde partie inclut six contenus: les opérations (a. addition: 5 exercices; b. soustraction: 3 exercices; c. multiplication: 12 exercices; d. division: 3 exercices), la composition additive des nombres (complétion d'équations arithmétiques: 4 exercices), les fractions (10 exercices), les problèmes arithmétiques concrets (5 exercices), la géométrie (10 exercices) et le système métrique (5 exercices).

Le mode de passation de cette épreuve diffère de celui des épreuves complémentaires mais demeure le même pour les deux groupes. Toutes les directives sont lues et expliquées au besoin par l'expérimentateur. Les sujets doivent effectuer sans aide les différents exercices, dans un délai raisonnable (1 à 2 heures pour chacune des parties de l'épreuve). Les deux parties de l'épreuve sont présentées en des moments différents: une semaine d'intervalle sépare les deux périodes de passation.

Quelques jours après la passation des deux parties constituant l'épreuve, les réponses des sujets sont examinées. L'examen ne distingue pas les réponses aux deux parties de l'épreuve: il nous est apparu plus important de tenir compte de la connaissance mesurée par un exercice plutôt que de l'appartenance à une partie ou l'autre de

l'épreuve. Sauf dans un cas, le barème de correction est le même pour tous les exercices de l'épreuve. Un point est alloué à chaque bonne réponse et aucun point n'est alloué à une réponse partiellement juste.

Epreuves complémentaires

Deux types d'épreuves complémentaires sont construits. Un premier type permet de compléter l'évaluation de certaines connaissances et de certaines habiletés arithmétiques; un second type a pour but d'évaluer les possibilités d'intégration à court terme de certaines connaissances et de certaines habiletés mathématiques.

Les épreuves complémentaires sont élaborées à la suite d'entrevues cliniques effectuées auprès de six élèves d'une classe d'adaptation qui ont subi l'épreuve principale. Deux de ces élèves obtiennent des résultats inférieurs à 25%, deux autres ont une performance se situant entre 40 et 60 % et deux réussissent plus que 60% des exercices. Trois entrevues sont réalisées avec chacun de ces élèves, afin de mieux comprendre l'origine des erreurs ou des difficultés relevées au moment de l'analyse de leurs comportements à l'épreuve principale et

d'explorer diverses démarches rééducatives. Le contenu des entrevues est déterminé par l'analyse des comportements de chaque élève et diffère par conséquent d'un élève à l'autre.

L'examen des comportements au cours des entrevues montre que plusieurs élèves ont une connaissance très limitée de faits additifs simples et ont recours à des stratégies élémentaires d'addition et de soustraction. Plusieurs ne peuvent aussi appliquer correctement les opérations dans la résolution de problèmes mathématiques concrets présentés sous la forme habituelle (énoncé écrit). Ces difficultés semblent toutefois moins importantes lorsque le contexte d'application est précisé et que les situations sont décrites de manière informelle. La majorité des sujets ne peuvent percevoir les relations entre les opérations arithmétiques, dans un cadre formel d'évaluation; plusieurs d'entre eux peuvent toutefois, dans des situations plus pratiques, utiliser ces relations. Enfin, plusieurs élèves ne révèlent une compréhension satisfaisante du système de numération que dans un cadre d'application pratique ou dans un contexte de calcul ne faisant pas intervenir les techniques usuelles de calcul.

L'analyse précédente des comportements des élèves au

cours des entrevues cliniques est utilisée dans la sélection et l'élaboration des épreuves complémentaires. Ainsi, certains exercices d'évaluation et d'apprentissage présentés pendant les entrevues cliniques sont insérés dans les épreuves complémentaires; leur présentation est cependant modifiée afin de l'adapter à un mode de passation collective. Les épreuves complémentaires ainsi construites sont soumises à un petit groupe d'élèves d'une autre classe d'adaptation. Les consignes et les contenus des épreuves sont modifiés, lorsqu'ils ne semblent pas clairs ou lorsqu'ils entraînent une interprétation ambiguë.

6.1. Épreuves complémentaires d'évaluation

Les épreuves complémentaires d'évaluation sont constituées d'exercices de rappel des faits additifs, d'identification des stratégies additives, d'évaluation du niveau de mobilité opératoire, d'évaluation de la compréhension du système de numération et enfin, d'application des opérations arithmétiques à des situations concrètes.

Les exercices de rappel de faits additifs comportent 12 sommes et 6 différences élémentaires. Les additions et les soustractions sont présentées oralement et très

rapidement, ce qui ne permet pas de procéder à un calcul. Un point est alloué à chaque bonne réponse. Dans les exercices sur l'identification des stratégies, le sujet est invité à utiliser diverses représentations pour trouver à sommes et autant de différences. Les représentations sont des bâtonnets, des doigts et un segment de droite. Un point est attribué à chaque stratégie adéquate; la fréquence d'utilisation de chacune des stratégies est également notée.

Pour estimer le niveau de mobilité opératoire des sujets, un exercice est élaboré. Cet exercice en est essentiellement un de composition de nombres: le sujet doit effectuer divers calculs (+, -, x, /) avec au moins deux des nombres 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 25, 40, afin d'obtenir le nombre 45 (ex.: $(25 \times 2) - 5$). Un point est alloué à chacune des solutions justes. Les fréquences d'application des opérations sont aussi relevées. Enfin, les fréquences d'utilisation des propriétés des opérations dans la recherche de solutions diverses sont aussi notées.

Deux exercices de représentation de nombres sur un segment de droite, 5 exercices de complétion de suites numériques, 5 exercices de rappel des successeurs et des prédécesseurs de quelques nombres et enfin, 7 exercices de composition de nombres utilisant la valeur de position

sont construits pour évaluer le niveau de compréhension du système de numération. Les exercices de représentation de nombres sont présentés dans un contexte de voyage: le sujet est invité à situer sur un trajet, représenté par un segment de droite, certaines distances parcourues. Les points de départ et d'arrivée sont inscrits pour les deux exercices. Un point est attribué lorsque le point milieu du trajet est correctement situé, un autre point est alloué lorsque les nombres sont inscrits en ordre croissant, un point est enfin accordé pour le respect des intervalles: selon ce mode de correction, la réussite complète des deux exercices correspond à une cote de 15.

Dans les exercices de complétion de suites numériques, le sujet est invité à trouver le premier et le dernier terme d'une suite de 5 termes. Un point est alloué à chaque terme correctement identifié. Les exercices de rappel des prédécesseurs et des successeurs portent sur les nombres 39, 64, 91, 176 et 315, nombres pour lesquels les erreurs étaient les plus fréquentes au cours des entretiens cliniques. Un point est accordé à chacun des nombres correctement rappelés.

Les exercices sur la valeur de position sont variés. Dans cinq de ces exercices, le sujet doit d'abord trouver le nombre d'éléments d'une collection figurale, puis

choisir parmi diverses représentations qui accompagnent ce premier dessin, celles qui correspondent au nombre d'éléments qui doivent être ajoutés pour obtenir une quantité donnée. Ces représentations sont soit des dessins d'objets que l'on retrouve fréquemment dans les manuels scolaires, soit des expressions du type "une unité", "deux dizaines", soit des nombres, soit enfin des expressions mixtes du type "10 dizaines, 100 unités, 10 unités". Trois autres exercices s'ajoutent aux exercices précédents. Dans ces exercices, le sujet doit choisir parmi les représentations offertes (ex.: $20 + 5$, un dessin montrant un paquet de 10 bâtonnets et 5 autres bâtonnets, 2 unités et 5 dizaines) celle (ou celles) qui peut être associée à un nombre donné. Pour l'ensemble de ces exercices, un point est accordé à chacune des réponses justes.

Une dernière catégorie d'exercices fait partie des épreuves d'évaluation. Cette catégorie inclut 13 problèmes d'application des opérations à des situations concrètes: 7 de ces problèmes font référence à des situations multiplicatives et 6 à des situations additives. Les situations sont de même type que celles présentées dans l'épreuve principale: les problèmes se distinguent de ceux utilisés à l'épreuve principale, par la présence d'illustrations accompagnant la moitié des énoncés de problème, par l'utilisation d'une terminologie et d'un

contexte plus familiers aux élèves et enfin, par la réduction des quantités numériques utilisées dans l'épreuve principale. Dans la correction des solutions aux problèmes, un point est accordé à chaque solution juste; une analyse des stratégies des sujets complète cette évaluation.

B. Epreuves complémentaires d'intégration des connaissances et des habiletés

Les épreuves complémentaires évaluant les possibilités d'intégration à court terme des connaissances et des habiletés des sujets se composent d'exercices favorisant la construction de relations entre les connaissances et les habiletés impliquées dans les activités suivantes: 1. la recherche du prédécesseur et du successeur d'un nombre et l'addition et la soustraction d'une unité à ce nombre; 2. les stratégies additives et le rappel des faits additifs; 3. les équations arithmétiques simples, de la forme $a + b = --$ et celles plus complexes de formes $a + -- = c$, $-- + b = c$; 4. les différences et les ressemblances entre les nombres et les techniques de calcul; 5. les habiletés de résolution de problèmes mathématiques développées en dehors du contexte scolaire et les habiletés de résolution de problèmes de mêmes types présentés dans le cadre scolaire. Les quatre premières épreuves sont présentées aux sujets des deux groupes,

tandis que la dernière épreuve n'est utilisée qu'avec les sujets du groupe I. Il n'a pas été possible, en vertu du délai accordé par les milieux d'expérimentation, de rencontrer les sujets du groupe II.

Cinq exercices favorisent la construction de relations entre les activités de recherche du prédécesseur ou du successeur d'un nombre et l'addition ou la soustraction d'une unité à ce nombre. Dans les deux premiers exercices, le sujet doit indiquer le successeur ou le prédécesseur d'un nombre puis, ajouter ou soustraire 1 à ce nombre et enfin, indiquer à nouveau le successeur ou le prédécesseur du nombre initial. L'expérimentateur informe le sujet de la possibilité de raturer une première réponse qu'il juge inadéquate et d'indiquer à côté la réponse jugée plus satisfaisante. Dans les autres exercices, après avoir rappeler le prédécesseur ou le successeur d'un nombre, le sujet doit trouver le prédécesseur ou le successeur d'un nombre voisin ou d'un nombre faisant partie de l'écriture du premier nombre. L'exercice se termine par le rappel du successeur ou du prédécesseur du premier nombre indiqué. Tous ces exercices sont présentés individuellement; les modifications des réponses et les temps de réaction sont notés. Un point est de plus attribué à chaque réponse juste.

Afin d'évaluer l'effet des exercices précédents sur les stratégies de rappel de certains faits additifs, 7 additions et 3 soustractions, prélevées parmi celles présentées dans l'épreuve complémentaire d'évaluation, sont écrites et transmises individuellement aux sujets des deux groupes. Le temps de réponse est approximativement mesuré, ce qui permet de différencier le rappel immédiat du calcul de ces sommes et de ces différences. Les réponses modifiées sont aussi enregistrées, ces modifications résultant souvent d'une mise en relations de certains faits additifs. Un point est enfin attribué à chaque réponse juste.

Une troisième épreuve complémentaire inclut 7 exercices facilitant l'élaboration de relations entre les équations arithmétiques simples et celles plus complexes. Les exercices sont présentés individuellement à tous les sujets; ils sont de la forme $a + \dots = c$ ou $c = \dots + a$. Pour compléter les équations, le sujet peut utiliser une équation complète de la forme $a + b = c$, utilisant les mêmes nombres. Une des équations est toutefois présentée sans informations supplémentaires. Toute bonne réponse est évaluée à un point; les temps de réponse, les corrections effectuées par le sujet et les calculs sont relevés.

Dans le but d'évaluer les possibilités d'intégration des connaissances sur les propriétés des opérations et sur la suite numérique et les habiletés de calcul, trois exercices de calcul sont présentés à chacun des sujets des deux groupes. De la même façon que pour les exercices précédents, les temps de réponse, les modifications et les calculs sont notés. Un point est aussi accordé à toute réponse juste.

La dernière de ces épreuves complémentaires ne s'adresse qu'aux sujets du groupe II elle a pour but de faciliter le transfert dans le contexte scolaire des habiletés de résolution de problèmes mathématiques développées en dehors de ce contexte. Elle comporte deux séquences d'activités. Dans la première séquence, les sujets proposent des contextes de résolution de problèmes et suggèrent différents problèmes à résoudre; les propositions sont par la suite discutées et chacun des sujets est invité à résoudre les problèmes proposés. Tous les comportements des sujets sont enregistrés et les problèmes suggérés par les sujets sont utilisés pour rédiger des énoncés usuels de problème. Les énoncés ainsi rédigés respectent à la fois le contenu sémantique et les données numériques des problèmes proposés par les sujets. Au cours d'une seconde séquence d'activités, les sujets sont invités à résoudre les problèmes rédigés par

l'expérimentation. 12 des problèmes induits à partir des informations associées par les sujets aux catégories contextuelles voyage, pêche, école et alimentation, sont de type multiplicatif et 6 sont de type additif. Les stratégies de résolution des sujets sont examinées: un point est alloué à chacun des choix justes d'opérations, les erreurs de calcul étant négligées dans l'évaluation.

Déroulement de l'expérience

L'expérimentation s'étale sur une période de 9 semaines environ. La passation de l'épreuve principale se fait au cours des deux premières semaines. Les épreuves complémentaires d'évaluation sont ensuite présentées: deux séances d'une heure sont requises à cet effet. Une semaine est alors utilisée pour l'administration des épreuves complémentaires d'évaluation. Les trois semaines qui suivent sont consacrées à l'administration des épreuves complémentaires d'intégration des connaissances et des habiletés: le mode de passation de ces épreuves étant individuel, il faut compter sur deux séances d'une heure par sujet. Enfin, pour l'administration de l'épreuve complémentaire de résolution de problèmes mathématiques concrets aux sujets du groupe I, trois semaines sont requises: une séance d'une heure par semaine est réservée à cette fin.

Chapitre III
Analyse des résultats

Dans l'analyse des résultats, il a semblé fastidieux, voire peu pertinent, de présenter toutes les données qui ont été regroupées dans de nombreux tableaux et qui ont donné lieu à une attention spécifique. Il est apparu plus intéressant de présenter les données générales et de faire suivre cette présentation, d'une synthèse des principaux résultats recueillis à la suite de l'examen détaillé des comportements aux différents exercices.

Analyse des comportements aux épreuves d'évaluation

Les connaissances et les habiletés en mathématiques des deux groupes d'élèves sont évaluées globalement par l'épreuve principale puis, précisées davantage par les épreuves complémentaires. Dans l'analyse qui suit les comportements à l'épreuve principale sont d'abord examinés; une analyse plus approfondie de certains de ces comportements par le biais des épreuves complémentaires d'évaluation complète cette évaluation.

A. Analyse des comportements à l'épreuve principale d'évaluation

Les tableaux 1 et 2 indiquent les performances des deux groupes de sujets à l'épreuve principale d'évaluation. Les élèves présentant plus de 3 ans de retard pédagogique (groupe I) obtiennent des résultats bien inférieurs à ceux obtenus par les élèves ne présentant pas un retard aussi important (groupe II: 29,8%; groupe III: 60,1%). L'épreuve principale comprend des exercices sur les techniques de calcul, sur la composition additive des nombres, sur le système de numération, sur la résolution de problèmes, sur les fractions, sur la géométrie et enfin, sur le système métrique. Un examen des comportements des sujets à ces divers types d'exercices permet de mieux comprendre l'écart de performance entre les deux groupes de sujets et de relever les principales difficultés des sujets de chacun des groupes.

L'examen des performances des sujets des deux groupes aux exercices d'addition et de soustraction révèle que :

1. tous les sujets du groupe I et la majorité des sujets du groupe II réussissent les additions sans retenue;
2. les techniques d'addition avec retenue ne semblent pas maîtrisées par l'ensemble des sujets des deux groupes; les sujets du groupe II obtiennent toutefois une performance moyenne supérieure à celle du groupe I (réussite moyenne: groupe I: 56%; groupe II: 75 %);
3. les exercices de soustraction sans emprunt ne sont échoués que par un seul

Tableau 1
Performances des sujets du groupe I
à l'épreuve principale

Sujets	Exercices réussis Nombre		Total /200	Pourcentage de réussite
	Partie I	Partie II		
1	47	16	63	31,5
2	56	11	67	33,5
3	49	21	70	35,0
4	46	12	58	29,0
5	47	21	68	34,0
6	52	10	62	31,0
7	55	8	63	31,5
8	62	16	58	29,0
9	35	8	43	21,5
10	51	23	64	32,0
11	59	18	77	38,5
12	20	5	25	12,5
13	23	9	32	16,0
14	43	21	64	32,0
Réussite moyenne en %: 28,8				

Tableau 2

Performances des sujets du groupe II
à l'épreuve principale

Sujets	Exercices réussis Nombre		Total /200	Pourcentage de réussite
	Partie I	Partie II		
20	78	24	102	51,0
21	67	53	120	60,0
22	47	34	81	40,5
23	83	43	126	63,0
24	82	67	149	74,5
25	89	49	138	69,0
26	83	44	127	63,5
27	91	68	159	79,5
28	70	72	142	71,0
29	96	96	192	96,0
30	79	60	139	69,5
31	85	58	143	71,5
32	78	49	127	63,5
33	80	65	145	72,5
34	75	57	132	66,0
35	90	68	158	79,0
Réussite moyenne en %: 68,1				

sujet du groupe II 4. plusieurs sujets des deux groupes ne parviennent pas à effectuer sans erreur les soustractions avec emprunt; les erreurs sont cependant plus fréquentes chez les sujets du groupe I (échec moyen: groupe I: 78%; groupe II: 32%); 5. les sujets qui éprouvent des difficultés dans les additions avec retenue sont aussi ceux qui échouent aux soustractions avec emprunt.

L'examen des réponses des élèves qui ne peuvent effectuer des additions avec retenue révèle une incapacité à procéder à une addition en tenant compte de la valeur de position et à répartir correctement les retenues supérieures à 1 (erreur fréquente: $50 + 236 + 1740 + 229 = 2381$); ces difficultés expliquent, en partie, l'écart observé dans les deux groupes, entre les performances aux addition présentées horizontalement et celles présentées verticalement. Dans les soustractions avec emprunt, les erreurs les plus fréquentes sont: $0 - n = n$ $0 - n = 0$ $n_1 - n_2 = n_2 - n_1$ (si $n_1 < n_2$). Enfin, plusieurs sujets du groupe I ont recours à des stratégies élémentaires d'addition et de soustraction (représentation imagée des nombres, réunion d'ensemble ou retrait d'un sous-ensemble).

Les différences entre les performances des sujets des deux groupes aux exercices de multiplication et de

division sont plus marquées que celles observées entre les performances aux exercices d'addition et de soustraction (réussite moyenne: a. multiplication: groupe I: 23% groupe II: 72% b. division: groupe I: 12% groupe II: 62%). Aucun sujet du groupe I ne réussit plus de la moitié des exercices de multiplication et de division, tandis que trois sujets seulement du groupe II obtiennent une performance aussi faible en multiplication et en division. Les erreurs relevées dans les deux groupes proviennent soit de l'ignorance du reste, soit du choix inadéquat d'un élément du quotient, soit enfin de l'ignorance ou du défaut de reconnaître l'élément absorbant de la multiplication. Enfin, un sujet seulement du groupe I réussit une multiplication avec un multiplicateur supérieur à 9 tandis que la majorité des sujets du groupe II parviennent à effectuer correctement au moins quelques multiplications de ce type.

L'épreuve principale comporte 4 items sur la composition additive de nombres. Les sujets du groupe II réussissent en moyenne plus d'exercices de ce type que ceux du groupe I (réussite moyenne: groupe I: 21% groupe II: 75%). Dans le groupe II, seul le dernier item ($2640 = 200 + \dots + 400$) est échoué par plus de la moitié des sujets; les autres items sont réussis par la majorité des sujets de ce groupe. La plupart des sujets du groupe II

qui échouent au dernier item assimilent l'exercice à un exercice de représentation d'un nombre sous une forme développée; la réponse la plus courante est alors: $200 + 600 + 40$. La majorité des sujets du groupe I, par ailleurs, interprètent incorrectement tous les items: près de la moitié des sujets de ce groupe additionnent les nombres présentés, quelle que soit la structure de l'équation.

Cinq des six exercices sur le système de numération exigent l'identification de la valeur d'un des chiffres d'un nombre dans l'autre exercice, cinq nombres doivent être placés en ordre croissant. Les sujets du groupe I ne réussissent en moyenne que la moitié de ces exercices, tandis que les sujets du groupe II réussissent en moyenne plus de 70% de ces exercices. Peu de sujets du groupe I montrent une compréhension satisfaisante du système de numération: en effet, trois sujets seulement indiquent correctement les valeurs de position des chiffres et six sujets sont en mesure de placer les nombres en ordre croissant. La moitié des sujets du groupe II, en revanche, identifient correctement les valeurs de position des chiffres et tous les sujets de ce groupe, sauf un, peuvent ordonner correctement les nombres présentés. Dans l'identification de la valeur de position, l'erreur la plus fréquente dans les deux groupes consiste à attribuer

au premier chiffre du nombre la valeur "unité" ainsi, au chiffre 1 du nombre 1204 est associé la valeur "1 unité". Dans la sériation des nombres, certains sujets du groupe I ne produisent aucune suite et d'autres sujets de ce groupe se contentent de situer correctement les plus petit et plus grand nombres.

Les exercices d'application des opérations comportent 5 problèmes additifs et autant de problèmes multiplicatifs. Dans le groupe I, seulement 21% des problèmes additifs et 4% des problèmes multiplicatifs sont correctement interprétés; dans le groupe II, 59% des problèmes additifs et 28% des problèmes multiplicatifs sont adéquatement interprétés. Les sujets du groupe I, pour la plupart, ne réussissent que les problèmes additifs simples ($m1 + m2 + m3 = \dots$ Vergnaud, 1981) et le problème multiplicatif peu complexe (3 étages, 105 autos par étage). Environ la moitié des sujets du groupe II réussissent la plupart des problèmes additifs et multiplicatifs. Dans les deux groupes enfin, les sujets qui maîtrisent davantage les techniques de calcul réussissent également à interpréter correctement plus de situations additives et multiplicatives que les sujets qui éprouvent des difficultés en calcul.

L'épreuve principale comporte 3 exercices de

représentation de fractions simples, 4 exercices d'addition de fractions, 2 exercices de multiplication de fractions et 4 exercices de comparaison de fractions. Les sujets du groupe I réussissent en moyenne 21% de ces exercices, comparativement à une réussite moyenne de 61% chez les sujets du groupe II. Dans les deux groupes, les exercices de représentation de fractions sont réussis de la même façon (réussite moyenne: groupe I: 74% groupe II: 79%). Aucun sujet du groupe I ne parvient à effectuer correctement au moins un des exercices d'addition et de multiplication de fractions; tous les sujets du groupe II réussissent au moins un exercice d'addition de fractions. Quelques sujets seulement du groupe II effectuent correctement une multiplication de fractions. Quelques sujets seulement du groupe I et plus de la moitié des sujets du groupe II peuvent comparer correctement des fractions.

Les performances moyennes des sujets du groupe I sont aussi inférieures à celles des sujets du groupe II aux exercices sur la géométrie et le système métrique (a. géométrie: réussite moyenne: groupe I: 36% groupe II: 71%; b. système métrique: réussite moyenne: groupe I: 26% groupe II: 73%). Les exercices en géométrie sont essentiellement des exercices d'identification de formes, de droites et d'angles; ils ne sont pas très révélateurs

des connaissances et des habiletés des sujets en ce domaine. Les exercices sur le système métrique nous apparaissent plus intéressants puisqu'ils permettent d'évaluer les connaissances des sujets concernant les unités de mesure associées habituellement à différents objets de l'environnement quotidien. Les sujets du groupe II montrent une meilleure connaissance de ces unités de mesure; ainsi seulement quelques sujets du groupe I et la majorité des sujets du groupe II choisissent le litre comme mesure du volume du lait.

B. Analyse des comportements aux épreuves complémentaires d'évaluation

L'examen des comportements des deux groupes de sujets aux épreuves complémentaires d'évaluation permet de mieux comprendre les difficultés en mathématiques des sujets des deux groupes et d'expliquer certaines des différences relevées entre les sujets de ces groupes, au moment de l'analyse des résultats à l'épreuve principale. Les tableaux 3 et 4 indiquent les résultats de chacun des sujets des groupes I et II aux épreuves complémentaires d'évaluation.

Les résultats consignés aux tableaux 3 et 4 ne sont bien sûr pas étonnants. Que les sujets du groupe II

Tableau 3

Performances des sujets du groupe I
aux épreuves complémentaires d'évaluation

Sujets	Rappel de faits additifs /18	Stratégies additives /6	Mobilité opératoire n d'opérations	Système de numération /37	Résolution de problèmes /13
1	2	2	2	27	8
2	6	3	10	37	7
3	1	2	6	24	3
4	0	2	-*	20	0
5	17	4	11	22	3
6	0	4	8	20	0
7	0	3	11	47	12
8	0	3	8	26	11
9	0	6	8	39	9
10	18	5	8	61	12
11	0	3	10	20	9
12	3	1	3	27	1
13	6	2	3	16	2
14	0	4	10	28	0
Réussites moyennes en %	21			48	46
Fréquences moyennes		3,2	7,9		

*: sujet absent

Tableau 4
Performances des sujets du groupe II
aux épreuves complémentaires d'évaluation

Sujets	Rappel de faits additifs /18	Stratégies additives n de calculs	Mobilité opératoire n d'opérations	Système de numération /57	Résolution de problèmes /13
20	6	2	14	33	8
21	7	2	11	27	8
22	11	2	18	30	10
23	18	2	14	38	10
24	17	4	10	33	13
25	18	6	15	52	13
26	18	2	16	28	12
27	0	6	17	45	10
28	18	4	12	56	10
29	18	6	15	54	12
30	18	2	17	33	10
31	18	6	9	38	10
32	18	4	15	24	9
33	18	2	9	35	9
34	18	6	18	33	13
35	18	2	16	41	11
Réussites moyennes en %	87			66	69
Fréquences moyennes		3,3	14,1		

*: sujet absent

obtiennent de meilleurs résultats que les sujets du groupe I aux épreuves de rappel de faits additifs, d'utilisation de stratégies additives, d'estimation du niveau de mobilité opératoire, d'évaluation des connaissances sur le système de numération et d'application des opérations, étaient prévisibles, en fonction des résultats de ces sujets à l'épreuve principale. Les résultats aux épreuves complémentaires font par ailleurs ressortir certaines différences et ressemblances essentielles entre les deux groupes de sujets.

Les différences les plus importantes entre les résultats des deux groupes se situent aux niveaux de la connaissance des faits additifs (réussites moyennes: groupe I: 21%; groupe II: 87%), de la mobilité opératoire (fréquences totales moyennes d'utilisation des opérations arithmétiques: groupe I: 7,9; groupe II: 14,1) et enfin, des habiletés en résolution de problème (application des opérations: réussites moyennes: groupe I: 46%; groupe II: 81%). Les différences entre les résultats des deux groupes aux épreuves sur le système de numération et sur les stratégies additives sont, en revanche, peu marquées, ce qui va à l'encontre des résultats attendus à la suite de l'analyse des performances à l'épreuve principale. L'examen des comportements aux épreuves d'évaluation peut dès lors apporter une meilleure compréhension de ces

résultats.

Au moment de la présentation des résultats des deux groupes à l'épreuve principale, un écart important dans les réussites des deux groupes de sujets aux exercices de calcul avait été souligné: l'examen des comportements à ces exercices montrait que les sujets du groupe I avaient recours à des stratégies élémentaires d'addition et de soustraction plus souvent que les sujets du groupe II et ne semblaient pas aussi connaître les faits additifs simples. L'analyse des comportements des sujets des deux groupes aux épreuves complémentaires d'utilisation de stratégies additives et de rappel des faits additifs permet de préciser et de nuancer les observations effectuées précédemment. En effet, trois sujets seulement du groupe II comparativement à la majorité des sujets du groupe I éprouvent des difficultés de rappel des sommes et des différences. Les sujets du groupe I semblent non seulement ignorer les sommes inférieures à 11 mais aussi les prédécesseurs et les successeurs des nombres inférieurs à 50 (ex.: $28 + 11$ $48 - 1$): ces sujets se montrent aussi incapables d'utiliser les sommes connues dans le rappel de sommes voisines (ex.: $8 + 8$ et $8 + 9$, sommes rappelées successivement). Un examen des comportements à l'épreuve sur l'utilisation des stratégies additives révèle de plus qu'un nombre comparable de sujets

dans les deux groupes (au moins la moitié des sujets de chaque groupe) peuvent utiliser efficacement plusieurs stratégies additives (stratégies élémentaires ou plus évoluées (compte à rebours, déplacement sur un segment de droite, par exemple). Enfin, les sujets du groupe I montrent aux exercices de numération portant sur l'identification des prédécesseurs ou des successeurs une bonne connaissance de la suite des nombres, pouvant rappeler sans difficulté les prédécesseurs et les successeurs de nombres inférieurs à 500.

Ces résultats semblent indiquer que si l'échec aux exercices de calcul simples (additions sans retenue ou soustractions sans emprunt) des sujets du groupe I peut être attribuable à l'ignorance des faits additifs, il ne peut cependant être associé ni à l'ignorance des prédécesseurs ou des successeurs des nombres ni à l'incapacité d'utiliser des stratégies additives efficaces; cet échec semble plutôt relever d'une incapacité d'appliquer spontanément les connaissances sur la suite des nombres et les stratégies additives dans la réalisation de calculs.

L'échec aux exercices d'addition et de soustraction plus complexes (additions avec retenue ou soustractions avec emprunt) chez la majorité des sujets du groupe I et

chez bon nombre de sujets du groupe II, noté au moment de l'analyse des résultats à l'épreuve principale, ne semble pas relié aux connaissances et aux habiletés en numération puisque, dans les deux groupes, les sujets qui réussissent aux exercices de représentation des nombres ou aux exercices sur les valeurs de position ne réussissent pas plus que les autres les exercices d'additions ou de soustractions complexes.

Les résultats des sujets des deux groupes aux exercices complémentaires sur le système de numération se rapprochent davantage que ceux obtenus par ces deux groupes de sujets aux exercices de même nature de l'épreuve principale (réussites moyennes à l'épreuve principale: groupe I: 51% groupe II: 83%; réussites moyennes à l'épreuve complémentaire: groupe I: 48% groupe II: 66%); il convient de préciser que dans l'épreuve principale, les exercices sur le système de numération sont exclusivement des exercices de sériation et d'identification des valeurs de position des chiffres d'un nombre tandis que les exercices complémentaires d'évaluation sont plus variés et touchent diverses formes de représentation de nombres, diverses modalités d'application des connaissances et des habiletés reliées à la valeur de position, ainsi que des activités de completion de suites numériques et d'identification des

prédécesseurs et des successeurs de nombres. Une analyse des comportements à ces divers exercices complémentaires sur la numération permet de situer les différences entre les deux groupes de sujets: 1. si la majorité des sujets des deux groupes n'éprouvent aucune difficulté à identifier correctement les prédécesseurs et les successeurs des nombres inférieurs à 400, seuls les sujets du groupe II se révèlent capables de respecter l'orientation et l'intervalle dans les activités de complétion de suites; 2. quelques sujets uniquement du groupe II tiennent compte de l'intervalle entre les nombres, lorsqu'ils doivent situer ces nombres sur un segment de droite; 3. plusieurs sujets des deux groupes semblent avoir une compréhension satisfaisante de la valeur de position; il faut remarquer toutefois que le seul des exercices proposés qui fasse appel à la position des centaines (134 -- 234) n'est réussi que par quelques sujets de chacun des groupes qui reconnaissent comme représentant le même nombre les expressions 10 dizaines et 1 centaine; 4. dans les deux groupes, plusieurs sujets ne peuvent associer les représentations concrètes et abstraites des nombres; ainsi, plusieurs sujets trouvent qu'un ajout de 10 petites billes à une collection de 35 billes produit une nouvelle collection de 45 billes mais ne peuvent exprimer cette quantité par 1 dizaine de billes; 5. les résultats des sujets des deux groupes aux exercices habituels de représentation des nombres sont

enfin comparables (ex.: 25 correspond à 2 dizaines et 5 unités, $20 + 5$, 2 unités et 5 dizaines, 2 bâtonnets et 1 paquet de 5 bâtonnets?).

Un examen des résultats et des comportements à l'exercice sur la mobilité opératoire montre que les sujets du groupe II présentent un meilleur niveau de mobilité opératoire que ceux du groupe I ils trouvent en moyenne deux fois plus de solutions que ceux du groupe I et utilisent pour la plupart l'ensemble des opérations arithmétiques dans la recherche de leurs solutions (ex.: $45 = (25 \times 2) - 5$ ou $((25 \times 10) / 5) - 5$...). La majorité des sujets du groupe II utilisent les propriétés des opérations dans la recherche de solution, ce qui ne se produit que chez quelques sujets du groupe I (ex.: $15 + 25 + 5$; $25 + 15 + 5$; $40 + 5 - 5 + 5$; $25 \times 5 / 5 + 5 + 15$...). Enfin, les sujets du groupe I utilisent presque exclusivement des additions dans le choix des solutions.

L'épreuve complémentaire sur l'application des opérations comporte 13 problèmes de même structure que les problèmes inclus dans l'épreuve principale. Les problèmes de l'épreuve complémentaire sont toutefois formulés dans un langage familier, ne comporte que des données numériques simples et sont présentés sous un mode illustré

et sous un mode habituel. Les performances des deux groupes de sujets à ces problèmes sont supérieures à celles obtenues à l'épreuve principale. Un examen comparé des réponses aux problèmes accompagnés d'une illustration et de celles produites pour les problèmes présentés de façon habituelle montre que la présence d'une illustration n'influence pas la réussite des problèmes; les résultats supérieurs des deux groupes à l'épreuve complémentaire semblent davantage attribuables à la présence de données numériques réduites et à la facture linguistique simple des énoncés. Ainsi, si la majorité des sujets du groupe I ne pouvaient interpréter correctement aucun des problèmes multiplicatifs de l'épreuve principale, plus de la moitié des sujets de ce groupe sont maintenant capables de traiter convenablement certains des problèmes multiplicatifs de l'épreuve complémentaire.

Analyse des possibilités d'intégration, à court terme, de certaines connaissances et habiletés mathématiques

Dans le but d'évaluer les possibilités d'intégration, à court terme, de certaines connaissances et de certaines habiletés mathématiques, quelques exercices sont

élaborés. Certains fournissent quelques informations pouvant être utilisées dans le rappel des faits additifs ou la recherche des prédécesseurs ou des successeurs des nombres; d'autres permettent d'effectuer certaines relations entre les termes des opérations additives; d'autres enfin, conçus exclusivement pour les sujets du groupe I, visent une utilisation de connaissances et d'habiletés pratiques en résolution de problèmes arithmétiques concrets.

Deux exercices sont présentés aux sujets des deux groupes, afin d'évaluer leurs possibilités d'utiliser les relations entre la recherche du prédécesseur et du successeur d'un nombre et l'addition ou la soustraction d'une unité à ce nombre (épreuve A, appendice C). Les performances des sujets des deux groupes sont similaires (réussites moyennes: groupe I: 86%; groupe II: 95%); la majorité d'entre eux peuvent trouver le successeur ou le prédécesseur d'un nombre et calculer correctement les sommes ou les différences de type $n + 1$ ou $n - 1$. En revanche, si la majorité des sujets du groupe II reconnaissent et utilisent la relation entre ces deux activités (rechercher le successeur ou le prédécesseur d'un nombre et ajouter 1 ou soustraire 1 à ce nombre) pour trouver de façon efficace et économique les réponses aux exercices qui leur sont présentés, peu de sujets du groupe

I se comportent ainsi. La plupart des sujets de ce dernier groupe effectuent chacun des exercices, sans saisir ou utiliser les relations entre ces exercices; ainsi, ayant identifié le successeur de 39 ou le prédécesseur de 91, les sujets de ce groupe procèdent quand même aux calculs $39 + 1$ et $91 - 1$, en utilisant les techniques connues. Près de la moitié de sujets de ce groupe semblent toutefois intrigués par la présentation et le contenu de ces exercices, certains réussissant au moins une fois à établir les relations entre ces activités successives et à bien les utiliser.

Onze exercices de calcul sont élaborés dans le but d'aider les sujets des deux groupes à identifier et à utiliser les propriétés des opérations et les relations entre divers calculs de sommes ou de différences, dans la recherche de solutions à des équations arithmétiques simples ou plus complexes (épreuve B, appendice C). Les performances des sujets des deux groupes aux équations simples sont similaires (réussites moyennes: groupe I: 75 %; groupe II: 86%); toutefois, quelques sujets seulement du groupe I comparativement à la majorité des sujets du groupe II utilisent certaines des informations qui leur sont données dans les exercices à effectuer (ex.: ne pas calculer $8 + 17$ si $17 + 8$ est connu ne pas calculer $41 - 12$ si $40 - 12$ est connu).

Les performances des sujets du groupe II aux exercices habituels de composition additive de cette épreuve complémentaire (équations arithmétiques complexes: épreuve C de l'appendice C) sont, comme celles obtenues aux exercices similaires de l'épreuve principale, nettement supérieures à celles des sujets du groupe I (réussites moyennes: a. épreuve principale: groupe I: 21%; groupe II: 75%; b. épreuve complémentaire: groupe I: 47%; groupe II: 70%). Les sujets du groupe I semblent toutefois bénéficier plus que ceux du groupe II des informations présentes dans l'épreuve complémentaire. L'analyse des comportements montre que huit des quatorze sujets du groupe I utilisent les sommes proposées pour trouver les termes manquants des additions correspondantes (ex.: $800 + 160 = 960$; $960 = \text{---} + 160$) et réussissent au moins quatre des sept exercices de ce type: trois de ces sujets avaient échoué à tous les exercices de ce type à l'épreuve principale et les cinq autres n'avaient pas réussi plus que la moitié de ces exercices. Enfin, si tous les sujets du groupe II peuvent utiliser les relations entre les exercices proposés dans l'épreuve complémentaire de composition additive, cette utilisation n'entraîne pas une amélioration de la performance, lorsque les nombres composant les équations sont supérieurs à 1000 ou lorsque l'équation contient une addition de trois nombres.

Afin d'évaluer l'effet des exercices d'intégration des connaissances sur les stratégies de rappel des faits additifs, 7 additions et 3 soustractions prélevées parmi celles présentées dans l'épreuve complémentaire d'évaluation sont présentées aux sujets des deux groupes (épreuve D de l'appendice C). Le temps de réponse est alors noté afin de distinguer les réponses montrant une connaissance des faits additifs de celles obtenues par calcul; sont aussi enregistrées les modifications de réponse montrant l'utilisation d'une relation entre deux faits additifs. Si les sujets des groupes I et II obtiennent une performance similaire à cette épreuve (réussites moyennes: groupe I: 86%; groupe II: 94%), ce fait n'indique pas une similitude entre les stratégies de recherche des deux groupes de sujets. L'analyse des comportements montre en effet que quatre des sujets du groupe I, parmi ceux qui obtiennent une performance inférieure à la moyenne de leur groupe, non seulement ne perçoivent que très rarement les relations entre les additions et les soustractions présentées mais aussi ont recours à des stratégies élémentaires de concrétisation des nombres. Près de la moitié des sujets du groupe I et la majorité des sujets du groupe II montrent toutefois une attention particulière aux relations entre les calculs demandés: ils répondent très rapidement à plusieurs des

sommes ou des différences et indiquent souvent très clairement qu'ils ont compris certaines propriétés des opérations (ex.: $8 + 8$ et $8 + 9$; " $8 + 9$ c'est 1 de plus"). Les sujets du groupe I semblent plus que ceux du groupe II avoir bénéficié des exercices complémentaires d'intégration: plusieurs de ces sujets ne pouvaient, au moment de l'épreuve complémentaire de rappel des faits additifs, produire aucune réponse juste.

Seulement 7 des sujets du groupe I participent à la dernière épreuve complémentaire sur l'utilisation des connaissances et des habiletés pratiques en résolution de problèmes arithmétiques concrets (épreuve E, appendice C). Il semble intéressant de présenter les résultats obtenus à cette épreuve, même s'ils proviennent d'une partie des sujets du groupe I.

Parmi les situations produites spontanément par ces sujets, 12 sont de type multiplicatif et 6 de type additif. Ces situations sont traitées au moment de leur description par les élèves (M1) et deux semaines plus tard (M2), selon la forme habituelle de présentation de ce type de situations. Au moment de leur présentation initiale (M1), les sujets réussissent en moyenne 27% des problèmes: lorsque les problèmes leur sont à nouveau présentés (M2), leur réussite est de 51%. L'insertion des situations

produites par les sujets dans des énoncés ne semble pas avoir un effet négatif sur l'interprétation de ces situations, puisque la performance moyenne en résolution différée (M2) est supérieure à celle obtenue en résolution immédiate (M1). Cette supériorité pourrait toutefois être attribuable à la familiarité des situations traitées en résolution différée. Nonobstant cette réserve, les résultats semblent indiquer que les sujets peuvent utiliser leurs connaissances et habiletés pratiques dans la résolution de problèmes, lorsqu'il leur est demandé de le faire.

Un examen des comportements de résolution de problèmes montre que les situations additives sont, comme à l'épreuve principale et à l'épreuve complémentaire d'évaluation, mieux interprétées que les situations multiplicatives, que ce soit en résolution immédiate ou en résolution différée (réussites moyennes: a. situations additives: 52% (M1) et 79% (M2); b. situations multiplicatives: 20% (M1) et 50% (M2)). Les performances à l'ensemble de l'épreuve et à chacun des types de problèmes sont supérieures à celles obtenues à l'épreuve principale d'évaluation mais comparables à celles obtenues à l'épreuve complémentaire d'évaluation. Il convient toutefois de mentionner que les données numériques dans la plupart des énoncés de l'épreuve d'intégration sont

supérieures à celles utilisées dans les énoncés de l'épreuve complémentaire d'évaluation.

L'analyse des comportements des sujets, pendant l'élaboration des situations mathématiques reliées aux diverses catégories contextuelles, permet de relever certaines différences entre les sujets, au niveau des connaissances et des habiletés pratiques en résolution de problèmes. Deux sujets seulement associent au thème voyage, des informations relatives au déplacement, à savoir temps, distance et vitesse; ces sujets obtiennent les meilleures performances dans l'ensemble des problèmes multiplicatifs. Un de ces sujets suggère aussi des données pertinentes au moment de l'élaboration des problèmes associés au contexte de la pêche: poids et quantité de poissons. Le thème famille est spontanément associé par la majorité des sujets au nombre d'enfants. Le thème école ne donne pas lieu spontanément à des associations; l'expérimentateur suggère alors: nombre d'élèves, de pupitres, de rangées. Enfin, quelques sujets, au moment de la discussion du thème alimentation, semblent ignorer le coût des aliments de base (ex.: 1 litre de lait: 5¢; 1 kg de steak: 1¢) et la quantité d'aliments requise dans une journée, pour une famille moyenne (ex.: 1 poche de pommes de terre par jour), bien qu'ils affirment s'occuper des provisions régulièrement dans leur famille; ces sujets

sont aussi ceux qui obtiennent les plus faibles performances à cette épreuve de résolution de problèmes.

La majorité des sujets, bien qu'ils ne soient pas familiers avec les algorithmes habituels de multiplication et de division, parviennent à trouver les produits et les quotients, par additions ou soustractions répétées; plusieurs parmi eux refusaient de procéder ainsi dans les problèmes des épreuves principale et complémentaire d'évaluation. Le caractère pratique des situations présentées semble rendre les calculs essentiels; cette interprétation s'appuie sur les remarques des élèves.

Sommaire des résultats

Le fonctionnement en mathématiques des sujets présentant un retard pédagogique d'au moins trois ans (groupe I) se caractérise principalement par une faible mobilité opératoire et par le recours à des stratégies numériques élémentaires. En effet, la majorité de ces sujets ne peuvent utiliser spontanément les propriétés des opérations arithmétiques ou les relations entre ces opérations pour construire des stratégies efficaces de calcul, de rappel des faits additifs et de résolution de problèmes. Ils privilégient généralement une stratégie et

l'appliquent à toutes les situations similaires. Ainsi, dans les additions et les soustractions, quels que soient les nombres sur lesquels portent les opérations, ils procèdent généralement par concrétisation des nombres et par réunion ou disjonction des ensembles formés au moment de la concrétisation, bien qu'ils soient en mesure, lorsqu'il leur est suggéré de le faire, d'appliquer d'autres stratégies plus évoluées telles le parcours de la suite numérique ou le déplacement sur la droite numérique. Dans le rappel des faits additifs, lorsqu'ils ne peuvent trouver directement une somme ou une différence, ils ont recours une fois de plus à des stratégies élémentaires d'addition ou de soustraction.

Le fonctionnement de ces sujets n'est que partiellement déterminé par leurs connaissances et leurs habiletés. En effet, si la majorité des sujets ignorent les faits additifs généralement connus des enfants beaucoup plus jeunes qu'eux, ne peuvent effectuer correctement que des additions sans retenue et des soustractions sans emprunt, ne connaissent pas les techniques de multiplication et de division, ne peuvent ordonner correctement des nombres inférieurs à 1000, ne peuvent indiquer les différentes valeurs de position des chiffres d'un nombre et ne réussissent que les problèmes incluant les situations additives simples, la plupart

d'entre eux, lorsque leurs connaissances et leurs habiletés sont évaluées d'une façon plus informelle et surtout, avec des épreuves plus significatives (épreuves complémentaires d'évaluation), montrent une connaissance satisfaisante des prédécesseurs et des successeurs des nombres inférieurs à 500, peuvent appliquer diverses stratégies de calcul, montrent une connaissance satisfaisante des éléments constitutifs du système de numération et peuvent aussi interpréter correctement certaines situations multiplicatives. Toutefois, ces connaissances et ces habiletés semblent peu reliées, peu structurées, ce qui réduit considérablement leurs possibilités d'utilisation. Les résultats aux épreuves complémentaires d'intégration des connaissances et des habiletés semblent indiquer que ces sujets peuvent, lorsqu'une intervention en ce sens est effectuée, reconnaître et utiliser certaines relations entre les nombres et les opérations arithmétiques. Ainsi, plusieurs reconnaissent et utilisent les relations entre les opérations de types $a + b = c$ et $a + -- = c$; plusieurs tiennent aussi compte des relations entre les additions et les soustractions demandées dans l'épreuve de rappel et élaborent des stratégies efficaces. Plusieurs enfin se révèlent capables d'utiliser leurs connaissances et leurs habiletés pratiques dans l'interprétation et la résolution de problèmes mathématiques concrets.

Le fonctionnement en mathématiques des sujets présentant un retard pédagogique moins important (groupe II) montre une plus grande mobilité opératoire et une meilleure intégration des connaissances et des habiletés en mathématiques. Les résultats à l'épreuve principale et aux épreuves complémentaires d'évaluation et d'intégration indiquent que la majorité des sujets du groupe II maîtrisent les techniques d'addition et de soustraction, peuvent effectuer des multiplications et des divisions simples, ont une compréhension satisfaisante du système de numération, ont recours à des stratégies additives variées, utilisent alors les propriétés des opérations et les relations entre les opérations et les nombres, et interprètent correctement diverses situations additives et multiplicatives. L'ignorance des techniques de multiplication et de division semble enfin être le principal problème des sujets de ce groupe; cette ignorance semble aussi responsable des rendements insuffisants de ces élèves en mathématiques.

Chapitre IV
Interprétation des résultats et conclusions

Dans ce dernier chapitre, les résultats sont d'abord interprétés en les situant dans leur contexte théorique et expérimental; cette interprétation permet d'évaluer l'apport de cette recherche. Les limites de cette recherche sont ensuite précisées: les critères de sélection des sujets, les contenus et les modes de passation des différentes épreuves sont alors analysés. Une brève description des orientations souhaitables pour les recherches sur les difficultés majeures d'apprentissage est enfin effectuée.

Aspects de la recherche

Les contributions essentielles de la recherche actuelle se situent essentiellement aux niveaux d'une part, de l'identification de certaines connaissances et habiletés mais aussi, de certaines difficultés en mathématiques des élèves présentant des retards pédagogiques importants et d'autre part, de l'évaluation des possibilités d'apprentissage à court terme de ces élèves. Cette recherche fait aussi ressortir certaines différences marquées entre les connaissances et les habiletés des élèves présentant des retards pédagogiques

de quelques années et celles des élèves présentant des retards pédagogiques plus importants. Enfin, cette étude permet de préciser certaines caractéristiques du fonctionnement des élèves en difficultés d'apprentissage et de relier ces caractéristiques aux divers niveaux de retard pédagogique.

Connaissances et habiletés des élèves présentant des problèmes importants d'apprentissage

Diggory (1974), Halpern (1981) et Ross (1977) soulignent l'incapacité des élèves en difficultés d'apprentissage d'effectuer des calculs simples et d'enregistrer des faits additifs et multiplicatifs de base. Les résultats de notre étude permettent de nuancer ces observations. En effet, si la majorité des élèves présentant plus de 3 ans de retard pédagogique ne peuvent rappeler des faits additifs et multiplicatifs élémentaires et échouent aux exercices d'addition et de soustraction exigeant l'application des algorithmes enseignés à l'école, produisant alors des erreurs similaires à celles identifiées par Brown et Burton (1978) et Cox (1975) ou ayant recours à des stratégies élémentaires analogues à celles décrites par Lemoyne et Favreau (1982) et par Lindwall et Ibarra (1988), peu d'élèves, parmi ceux qui présentent des retards pédagogiques moins importants, manifestent de telles difficultés. La plupart des élèves

de cette dernière catégorie peuvent rappeler plusieurs faits additifs et semblent aussi avoir intégré les algorithmes habituels d'addition et de soustraction: les erreurs relevées chez près du tiers de ces élèves, bien que moins fréquentes que celles des sujets présentant des retards pédagogiques plus importants, sont cependant de mêmes types. Peu d'élèves présentant des retards pédagogiques de 3 ans ou moins semblent toutefois avoir assimilé les algorithmes de multiplication et de division et peuvent rappeler correctement plusieurs faits multiplicatifs. Les algorithmes de multiplication et de division apparaissent inconnus à la majorité des élèves présentant des retards pédagogiques supérieurs à 3 ans: ces élèves ne peuvent pas déterminer des produits et des quotients forts simples. Enfin, la majorité de ces derniers élèves semblent affectés par le mode horizontal de présentation de certains exercices d'addition, ne pouvant effectuer correctement aucun de ces exercices. Est-ce un échec lié à une difficulté de représentation spatiale, comme le souligne Diggory (1979), est-ce plutôt un échec lié à une incompréhension du système de numération positionnelle ou est-ce enfin un échec attribuable à l'un et l'autre de ces facteurs? Les résultats de cette étude ne permettent pas de vérifier ces hypothèses explicatives.

Chez les sujets présentant des retards pédagogiques de plus de 3 ans, le recours à des stratégies très élémentaires d'addition et de soustraction, soit dans la recherche de faits additifs simples, soit dans les exercices de calcul, apparaît davantage être un comportement stéréotypé qu'un comportement résultant d'une ignorance des relations fondamentales entre les nombres. En effet, la majorité de ces sujets se montrent capables d'appliquer d'autres stratégies d'addition plus évoluées que celles qu'ils utilisent spontanément, lorsqu'il leur est demandé de le faire; ces stratégies montrent une compréhension, au moins intuitive, des propriétés de l'addition et des relations entre les nombres. Plusieurs de ces sujets ne peuvent toutefois appliquer des stratégies analogues dans les exercices de soustraction; ils échouent aussi aux divers exercices de composition additive. Ces sujets ne semblent pas avoir perçu les relations entre les opérations arithmétiques.

L'échec aux exercices de calcul, observé chez la majorité des sujets présentant des retards pédagogiques supérieurs à 3 ans, ne semble pas lié à une incompréhension du système de numération. En effet, ces sujets montrent une compréhension satisfaisante du système de numération, lorsque cette compréhension est mesurée aux moyens d'épreuves différentes de celles utilisées en

classe et d'une manière informelle, selon le mode d'évaluation décrit par Binsburg (1977). Ces sujets savent rappeler les prédécesseurs et les successeurs des nombres inférieurs à 400, représenter de diverses façons les valeurs de position des chiffres de nombres inférieurs à 300, ordonner les nombres inférieurs à 1000 et utiliser leurs connaissances sur les valeurs de position des chiffres d'un nombre pour composer des nombres inférieurs à 100. Ils ne peuvent toutefois utiliser spontanément ces connaissances et ces habiletés dans l'application des techniques de calcul; ils ont alors recours à des stratégies que plusieurs parmi eux estiment inadéquates, mais qu'ils ont l'habitude d'appliquer parce qu'elles conduisent quelquefois à un résultat juste.

L'analyse des difficultés dans les exercices de calcul, des élèves présentant des retards pédagogiques de plus de 3 ans, révèle le caractère stéréotypé du fonctionnement de ces élèves. Un tel comportement est associé, selon Diggory (1979) et Halpern (1981), aux difficultés d'apprentissage. Diggory (1981) affirme de plus que les difficultés en calcul ne peuvent être expliquées par une incompréhension des relations entre les nombres et les opérations. Cette affirmation doit être circonscrite. En effet, si la majorité des élèves, quel que soit leur niveau de retard pédagogique, témoignent

d'une compréhension satisfaisante du système de numération et des relations entre les nombres, si aussi la majorité des élèves présentant un retard pédagogique de 3 ans ou moins manifestent une compréhension satisfaisante des relations entre les opérations, peu d'élèves présentant des retards pédagogiques de plus de 3 ans semblent cependant comprendre les relations entre les opérations. Chez les élèves présentant des retards pédagogiques supérieurs à 3 ans, les difficultés en calcul pourraient aussi refléter une absence de mobilité opératoire.

Les performances insatisfaisantes en résolution de problèmes mathématiques concrets des élèves présentant des difficultés importantes d'apprentissage semblent liées aux difficultés de calcul de ces élèves. La majorité des élèves qui présentent des retards pédagogiques de plus de 3 ans et qui ne peuvent appliquer correctement aucune des techniques de calcul, ne réussissent que les problèmes incluant des situations additives simples de composition ou de transformation de mesures; ils ont recours à des stratégies très élémentaires d'addition et de soustraction. En revanche, la majorité des élèves qui présentent des retards pédagogiques moins importants, qui savent appliquer les techniques d'addition et de soustraction et qui savent aussi effectuer quelques multiplications et quelques divisions simples, réussissent

la plupart des problèmes incluant des situations additives, ainsi que quelques problèmes simples de type multiplicatif; ils procèdent souvent par additions et soustractions répétées pour trouver certains produits et certains quotients. Les difficultés en résolution de problèmes pourraient de plus, comme le mentionnent plusieurs chercheurs (Diggory, 1981; Halpern, 1981; Spivak, Platt et Shure, 1976; Ross, 1979), être occasionnées par des problèmes d'attention, de mémoire immédiate et d'enregistrement à long terme de connaissances pratiques, puisque, même chez les élèves qui maîtrisent les différentes techniques de calcul, on observe des erreurs d'interprétation des situations additives et multiplicatives et des solutions incomplètes.

Possibilités d'apprentissage à court terme des élèves présentant des retards pédagogiques

Les résultats aux exercices d'intégration des connaissances et des habiletés en mathématiques montrent que les élèves en difficultés d'apprentissage peuvent établir certaines relations entre les nombres et les opérations et ainsi, améliorer leurs stratégies de rappel de faits additifs, leurs stratégies de résolution d'équations arithmétiques simples et leurs stratégies de calcul.

La majorité des sujets, quel que soit leur niveau de retard pédagogique, à la suite des exercices sur les relations entre la recherche des prédécesseurs (ou des successeurs) des nombres et la soustraction (ou l'ajout) d'une unité à ces nombres, et sur les relations entre divers calculs de sommes et de différences, élaborent des stratégies de rappel plus efficaces et économiques que celles qu'ils utilisaient antérieurement. On observe alors une augmentation du nombre de bonnes réponses, une diminution du temps de réponse et un recours moins fréquent à des stratégies très élémentaires d'addition et de soustraction.

La plupart des sujets présentant des retards pédagogiques de 3 ans ou moins, ainsi que plusieurs des sujets qui présentent des retards pédagogiques plus importants, peuvent utiliser les relations entre diverses équations arithmétiques pour résoudre correctement des équations similaires; ils construisent alors des stratégies appropriées. Plusieurs sujets présentant des retards pédagogiques de 3 ans ou moins, et quelques-uns seulement des sujets présentant des retards plus importants, peuvent reconnaître et utiliser les relations entre divers calculs de sommes et de différences, pour trouver une somme ou une différence particulière. Enfin, les sujets présentant des retards pédagogiques de plus de

3 ans peuvent utiliser leurs connaissances pratiques et leurs habiletés mathématiques non seulement dans la formulation de situations de résolution de problèmes, mais aussi dans la résolution de ces problèmes. Au moment de la résolution, ils parviennent très souvent à trouver des produits et des quotients par des stratégies additives, ce qui leur était impossible en dehors du contexte de résolution de problèmes. Plusieurs de ces élèves révèlent toutefois une ignorance de certains faits ou de certaines données pratiques, généralement connus des élèves de leurs âges: ainsi, plusieurs ignorent le coût approximatif des aliments de base et ne peuvent estimer convenablement les distances entre leurs résidences respectives et l'école ou encore entre deux villes de leur région et enfin, prévoir les quantités d'aliments qui pourraient être consommées dans leurs familles respectives. Ces dernières constatations rejoignent celles effectuées par Halpern (1981), chez des élèves en difficultés d'apprentissage.

Les résultats précédents montrent la possibilité d'agir avec efficacité sur les processus d'enregistrement, d'organisation et de traitement d'informations mathématiques des élèves présentant des retards pédagogiques appréciables, par le biais de situations qui leur permettent d'utiliser leurs connaissances et leurs habiletés ou qui favorisent la reconnaissance ou

résolution des exercices d'intégration, pourraient être ainsi interprétées. En effet, plusieurs reconnaissent et identifient les relations entre certains exercices ou entre certaines solutions mais préfèrent appliquer leurs stratégies habituelles, se déclarant incapables de trouver d'autres façons de procéder. Leurs comportements stéréotypés pourraient indiquer une démission face aux tâches scolaires.

Limites de la recherche

Bien que le présent travail résulte en une meilleure identification des connaissances et des habiletés des élèves présentant des retards pédagogiques importants, il comporte cependant plusieurs limites. Ces limites sont principalement attribuables aux critères trop globaux de sélection des sujets, aux contenus peu diversifiés des épreuves complémentaires, au mode de passation des épreuves et enfin, au mode d'évaluation des possibilités d'apprentissage à court terme.

Dans cette étude, les sujets sont considérés d'intelligence normale, selon les résultats de tests d'intelligence inscrits à leurs dossiers. Il aurait été souhaitable de vérifier ces résultats, puisque plusieurs

des dossiers examinés ne faisaient pas mention des tests utilisés, ainsi que du moment et du mode de passation des tests. Il est ainsi possible que certains des sujets qui ne présentent pas une performance similaire à celle des sujets de leurs groupes respectifs soient aussi des sujets dont l'intelligence, telle que mesurée par des test d'intelligence reconnus, diffère de celle des autres sujets de leurs groupes respectifs. Cette différence pourrait, en plus du niveau de retard pédagogique différent, expliquer les performances spécifiques de certains sujets. Les différentes performances des sujets pourraient aussi, comme le soulignent plusieurs chercheurs (Diggory, 1979; Halpern, 1981; Ross, 1977), traduire des capacités de mémoire et de traitement d'informations variées: une mesure de ces capacités aurait aussi pu être effectuée au moment de la sélection des sujets. L'utilisation de ces différents critères de sélection aurait sûrement entraîné une augmentation appréciable du nombre de sujets et du nombre de groupes expérimentaux: la rareté de la clientèle présentant à la fois des retards pédagogiques importants et une intelligence normale, ainsi que la dispersion géographique de cette clientèle auraient pu toutefois constituer un obstacle majeur à l'application de ces critères de sélection.

Une seconde limite de l'étude actuelle provient des

contenus peu diversifiés des épreuves complémentaires. Ces épreuves contribuent sûrement à une meilleure compréhension des difficultés dans l'application de stratégies additives, dans la résolution d'équations arithmétiques, dans la résolution de problèmes et dans la résolution d'exercices sur le système de numération; elles permettent aussi d'évaluer globalement les capacités d'intégration de certaines connaissances et de certaines habiletés en mathématiques reliées aux domaines de la numération, des opérations additives et de la résolution de problèmes. Elles ne contiennent toutefois pas d'exercices permettant d'évaluer les connaissances et les habiletés dans d'autres domaines de l'apprentissage des mathématiques; elles ne mettent pas, entre autres, en évidence les connaissances et les habiletés dans les domaines de la mesure et de la géométrie; elles apportent aussi peu d'informations sur les connaissances mathématiques élaborées en dehors du contexte scolaire.

L'interprétation des résultats obtenus aux exercices complémentaires est réduite en raison du mode de passation collectif de ces épreuves. Il est possible que des résultats légèrement différents auraient pu être obtenus, si les épreuves avaient été présentées individuellement. En effet, bien que les élèves étaient invités à poser toutes questions relatives à la tâche qu'ils devaient

effectuer, plusieurs n'ont pas répondu à cette invitation. Puisque les questions formulées par plusieurs élèves portaient principalement sur la compréhension ou le rappel des consignes, il n'est pas exclu que certaines des réponses inadéquates ou que certaines des relations non reconnues par les élèves ne posant pas de questions aient pu provenir d'un oubli ou d'une incompréhension des consignes.

Enfin, les résultats obtenus aux exercices d'intégration des connaissances et des habiletés ne permettent pas une évaluation adéquate des possibilités d'apprentissage, puisque la stabilité et la généralisation des apprentissages réalisés n'ont pas été vérifiées. Bien que diverses contraintes aient pu justifier cette absence de vérification, cette décision limite considérablement l'interprétation des résultats.

Conclusions

Les comportements en mathématiques des élèves présentant des difficultés majeures d'apprentissage ne peuvent être décrits ou caractérisés globalement. Dans l'étude présente, des comportements différents sont observés non seulement chez les sujets présentant des

retards pédagogiques différents, mais aussi, chez les sujets présentant des retards pédagogiques comparables. Dans le but d'élaborer des interventions rééducatives efficaces auprès des élèves en difficultés graves d'apprentissage, il apparaît nécessaire de multiplier les études orientées vers une identification des difficultés d'apprentissage présentant divers niveaux de retard pédagogique, différentes capacités intellectuelles et différentes capacités d'adaptation sociale. Il apparaît tout aussi important d'effectuer des études longitudinales, dans le but de cerner les processus d'élaboration des difficultés majeures d'apprentissage. Il apparaît enfin nécessaire d'élaborer et de mesurer l'efficacité des interventions rééducatives qui tiennent compte des processus d'apprentissage des élèves en difficultés, de leurs connaissances et de leurs habiletés; ces interventions devraient être orientées non seulement vers le développement de connaissances et d'habiletés académiques mais aussi, vers le développement de connaissances et d'habiletés pratiques en mathématiques, en d'autres termes, vers une meilleure appréhension de la réalité.

Appendices

Appendice A

Epreuve principale

Consigne

"Le test que vous avez contient plusieurs exercices semblables à ceux que vous avez faits, depuis votre entrée à l'école. J'aimerais que vous essayiez de répondre à chacune des questions, même si vous n'êtes pas certains de votre réponse. Prenez tout votre temps et indiquez clairement vos réponses."

Première partie

- A. Calcul
- B. Numération
- C. Fractions
- D. Problèmes simples

Deuxième partie

- A. Calcul
- B. Fractions
- C. Problèmes écrits
- D. Figures, angles et droites
- E. Système international

Première partie

A. Calcul

22	44	84	102	1236
<u>+30</u>	<u>+35</u>	<u>+60</u>	<u>+345</u>	<u>+6976</u>

89	$24 \times 10 =$
107	
<u>+ 8</u>	

64	98	962	872	1620
<u>-40</u>	<u>-24</u>	<u>-354</u>	<u>-384</u>	<u>-614</u>

9020
-3473

2	14	121	120	232
<u>$\times 6$</u>	<u>$\times 2$</u>	<u>$\times 3$</u>	<u>$\times 4$</u>	<u>$\times 3$</u>

134	408	$2 \times 3 =$	$523 \times 20 =$
<u>$\times 4$</u>	<u>$\times 3$</u>	$7 \times 100 =$	

$24 \div 3 =$	$0 \div 9 =$	$222 \div 2 =$
$48 \div 8 =$	$46 \div 2 =$	$94 \div 3 =$
		$747 \div 8 =$

B. Numération

Dans les cercles, écris un des 3 signes suivants: x x x

13 + 14		14 + 13
67 + 3		69 + 3
72 + 3		70 + 3
114		14 + 5
6 + 2		1 + 3

Indique la valeur du chiffre souligné.

		Unité	Dizaine	Centaine	Centaine de mille
7 <u>1</u> 4	°	—	—	—	—
<u>1</u> 2 0 4	°	—	—	—	—
1 0 4 8 <u>1</u>	°	—	—	—	—
3 <u>1</u> 3 6	°	—	—	—	—
<u>1</u> 1	°	—	—	—	—

Place par ordre croissant.

800, 88, 8000, 888, 808 : _____

C. Fractions

Représente la moitié (1/2) du cercle:



Noircis le tiers ($\frac{1}{3}$) du cercle:



Noircis le quart ($\frac{1}{4}$) du carré:



Est-ce que les parties noircies des 2 dessins sont semblables?

a)



b)



OUI NON

☐
☐
☐
☐

D. Problèmes simples

J'ai 72 billes, j'en perds 18. J'en gagne 25 autres.
Combien en ai-je?

Il y a 194 chaises à placer en 7 rangées. Combien de
chaises par rangée?

Un garage de 3 étages peut contenir 105 autos par étage.
Combien d'autos peut-on y remiser?

Léo a lu 115 pages de son livre qui en contient 258 pages.
Combien de pages lui reste-t-il à lire?

J'achète un crayon 0,05 \$, un cahier 0,20 \$ et une règle 0,25 \$. Combien me coûte ces achats?

Deuxième partie

A. Calcul

$$101 + 29 + 6 + 1109 = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$89 + 107 + 15 + 2180 = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$50 + 236 + 1740 + 229 = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$75 + 1476 + 9 + 308 = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$288 + 2487 + 18 + 9 = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$190 + \underline{\hspace{2cm}} = 214$$

$$1520 = 1500 + \underline{\hspace{2cm}}$$

$$2640 = 200 + \underline{\hspace{2cm}} + 40$$

$$960 = \underline{\hspace{2cm}} + 160$$

1620	872	6000	76010
<u>-814</u>	<u>-384</u>	<u>-3751</u>	<u>-40900</u>

1720	232	204	245
<u>-552</u>	<u>= 4</u>	<u>= 9</u>	<u>= 4</u>

400	207	87	79
<u>= 6</u>	<u>=80</u>	<u>=61</u>	<u>=11</u>

33	53	28	523
<u>42</u>	<u>41</u>	<u>91</u>	<u>30</u>

100	228 ÷ 4 =
<u>10</u>	808 ÷ 8 =
	146 ÷ 3 =
	200 ÷ 0 =

B. Fractions

$\frac{1}{5} + \frac{1}{5} =$	$\frac{1}{5} + \frac{6}{5} =$
-------------------------------	-------------------------------

$\frac{1}{12} + \frac{6}{12} =$	$\frac{3}{8} + \frac{2}{8} =$
---------------------------------	-------------------------------

$\frac{3}{4} = 4 =$	$\frac{3}{5} = 10 =$
---------------------	----------------------

Quelle fraction a la plus grande valeur?

$\frac{1}{2}$ ou $\frac{1}{3} :$	_____	$\frac{1}{6}$ ou $\frac{1}{4} :$	_____
$\frac{1}{3}$ ou $\frac{1}{4} :$	_____	$\frac{1}{2}$ ou $\frac{1}{12} :$	_____

C. Problèmes écrits

J'ai 5,00 \$ dans mes poches. J'achète une blouse à 2,98 \$ et des bas à 1,19 \$. Combien me reste-t-il?

Dans un verger, il y a 30 rangées de 14 pommiers. Combien de pommiers compte-t-on dans ce verger?

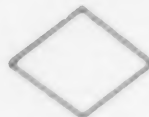
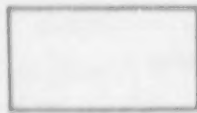
Mon père achète une maison 12 000 \$. Il donne 3 250,00 \$ comptant. Combien lui reste-t-il à payer?

Papa gagne 168,00 \$ par semaine. Quel est son salaire pour toute l'année?

Un boulanger a placé 2 736 pains dans 39 boîtes d'égale grandeur. Combien de pains a-t-il rangés par boîte?

D. Figures, angles et droites

Ecris le nom de ces figures:



Relie la bonne figure à la bonne définition:



lignes parallèles



angle obtu



angle droit



angle aigu



ligne verticale

E. Système international

Compléter par un des mots suivants:

Un homme mesure 1,6 _____

Une auto roule à 100 _____

Ma main mesure 10 _____

La pointe d'un crayon mesure 2 _____

Nous achetons 3 _____ de lait par jour.

{ mètre
 kilomètre
 centimètre
 litre
 millimètre

FIN

Appendice B

Epreuves complémentaires d'évaluation

Rappel de faits additifs

Consigne

"Je vais te présenter très rapidement des additions et des soustractions simples. Tu inscris ta réponse sur la feuille que tu as devant toi. N'essaie pas de compter avec tes doigts ou d'utiliser une feuille pour calculer, parce que tu n'auras pas le temps. Essaie plutôt de trouver, de te souvenir. Si tu ne connais pas une réponse, tu inscris un trait à côté du numéro de la question (E montre sur la feuille réponse comment inscrire les réponses, pendant qu'il présente la consigne)."

- | | |
|----------------|----------------|
| 1. $30 + 1 =$ | 11. $6 + 2 =$ |
| 2. $7 + 3 =$ | 12. $14 - 1 =$ |
| 3. $28 - 1 =$ | 13. $19 + 1 =$ |
| 4. $3 + 7 =$ | 14. $3 + 3 =$ |
| 5. $7 + 3 =$ | 15. $40 - 1 =$ |
| 6. $39 + 1 =$ | 16. $8 + 9 =$ |
| 7. $9 - 1 =$ | 17. $8 + 8 =$ |
| 8. $60 + 1 =$ | 18. $8 + 9 =$ |
| 9. $4 + 5 =$ | 19. $28 + 1 =$ |
| 10. $10 - 1 =$ | 20. $20 - 1 =$ |

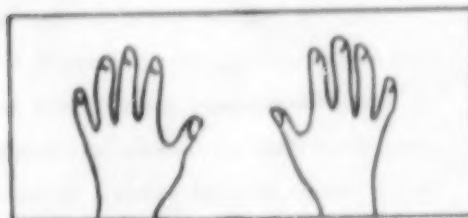
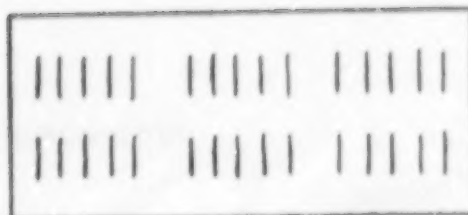
Stratégies additives

Consigne

"Sur les feuilles suivantes, vous avez des additions et des soustractions à faire en utilisant un ou plusieurs des dessins qui accompagnent chaque calcul. Vous devez montrer comment vous pourriez utiliser ces dessins pour trouver la réponse ou vérifier une réponse si elle est donnée. Je veux savoir comment vous calculez; je veux que vous le montriez en utilisant les dessins (A titre d'exemple, E explique comment est présentée la stratégie d'un sujet qui compte sur ses doigts pour trouver la somme $2 + 4$)."

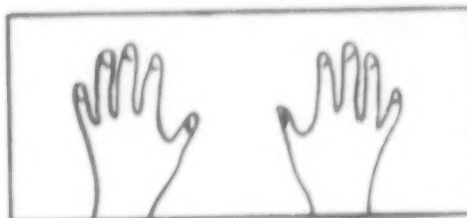
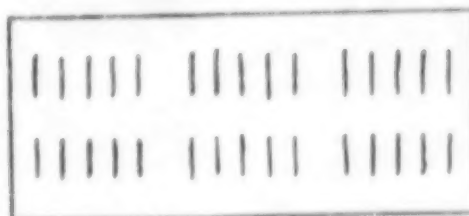
no 1

$$\begin{array}{r} 17 \\ + 8 \\ \hline 25 \end{array}$$



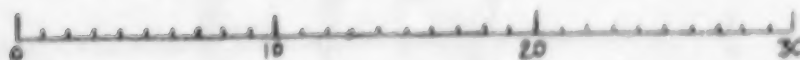
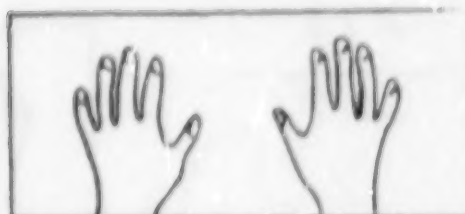
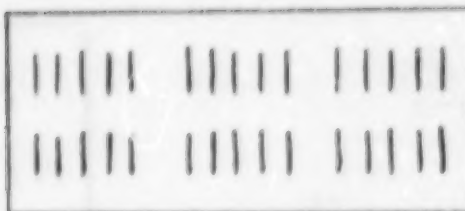
no 2

$$\begin{array}{r} 5 \\ + 7 \\ \hline 12 \end{array}$$



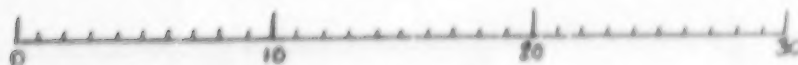
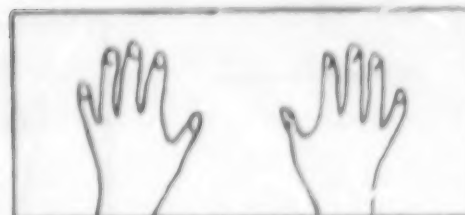
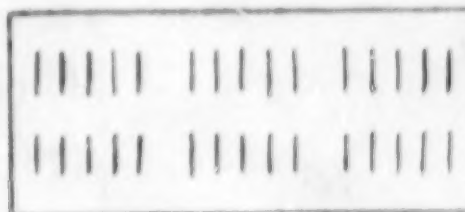
no 3

$$\begin{array}{r} 19 \\ - 4 \\ \hline 15 \end{array}$$



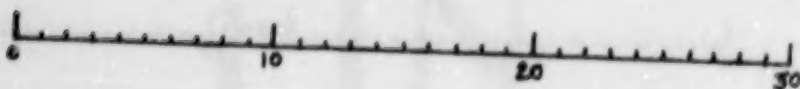
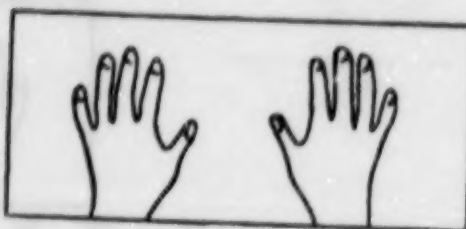
no 4

$$\begin{array}{r} 30 \\ - 1 \\ \hline 29 \end{array}$$



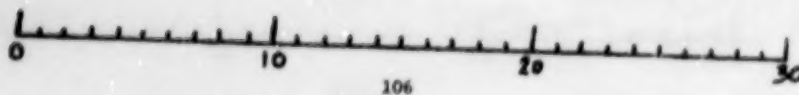
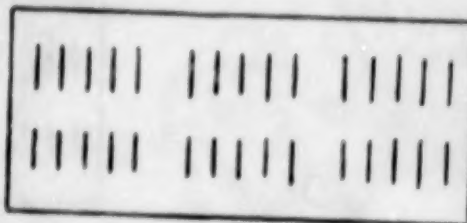
no 5

$$\begin{array}{r} 14 \\ + 13 \\ \hline 27 \end{array}$$



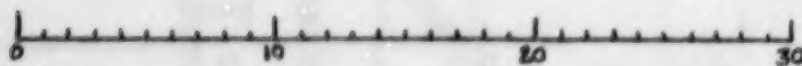
no 6

$$\begin{array}{r} 10 \\ + 3 \\ \hline 13 \end{array}$$



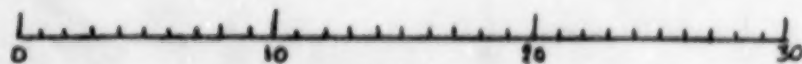
no 7

$$\begin{array}{r} 12 \\ - 4 \\ \hline 8 \end{array}$$



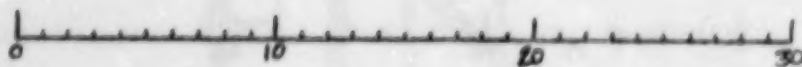
no 8

$$\begin{array}{r} 11 \\ - 5 \\ \hline 6 \end{array}$$



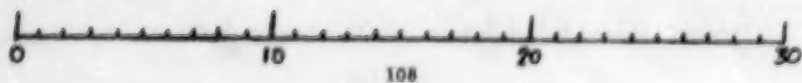
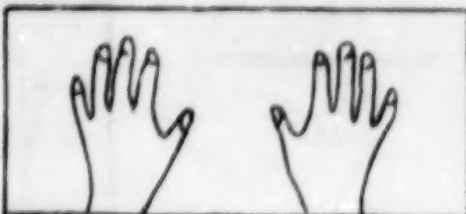
no 9

$$\begin{array}{r} 15 \\ + 6 \\ \hline \end{array}$$



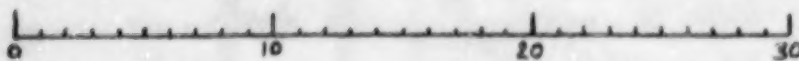
no 10

$$\begin{array}{r} 24 \\ + 10 \\ \hline \end{array}$$



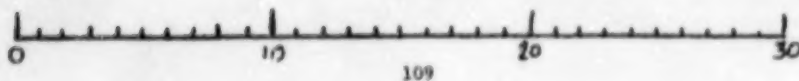
no 11

$$\begin{array}{r} 17 \\ - 9 \\ \hline \end{array}$$



no 12

$$\begin{array}{r} 36 \\ - 17 \\ \hline \end{array}$$



Stabilité opératoire

Consigne

"Vous devez utiliser les nombres que vous voyez à l'intérieur de la corde pour obtenir le nombre écrit en dessous, 45. Vous pouvez utiliser différentes opérations et différents nombres; vous devez inscrire ce que vous avez fait. Vous pouvez dans une réponse utiliser plus que deux nombres et plus qu'une opération. Avant que vous commenciez, je vais faire avec vous un exercice semblable (nombre à trouver: 10, nombres donnés: 1, 2, 5, 20, 4) pour que vous compreniez bien le problème."

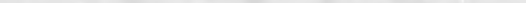


systeme de numeration

Consigne

"Voici les distances que vous devez parcourir pour vous rendre au magasin ou à Québec. J'aimerais que vous indiquiez ces distances sur chacun des trajets. Vous pouvez inscrire les nombres, en les choisissant comme vous voulez; vous n'êtes pas obligés de les inscrire selon l'ordre où ils sont écrits sur la feuille."

1. Le trajet

1.  49
maison magasin
Distances: 22 km, 5 km, 30 km, 30 km

2. St-Jérôme 100
Québec
 Distances: 65 km, 49 km, 6 km, 50 km, 40 km, 90 km

3. Suites

1. Écris le nombre juste avant et juste après.

____ 39 ____

____ 64 ____

____ 91 ____

____ 315 ____

____ 170 ____

2. Complète les suites.

____, 50, 51, 52, ____

____, 127, 126, 125, ____

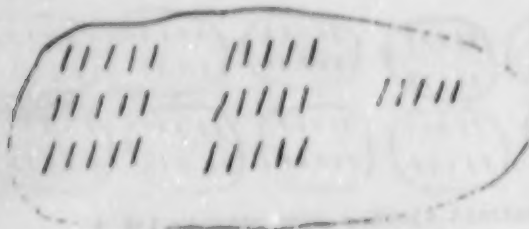
____, 39, 37, 35, ____

____, 27, 26, 25, ____

____, 33, 35, 37, 39, ____

3 . Représentation des nombres

1. Combien y a-t-il d'objets dans ce dessin?



Qu'est-ce qu'il faudrait ajouter pour obtenir 45 ?

a) (// //)

b) 1 unité

c) 1 dizaine

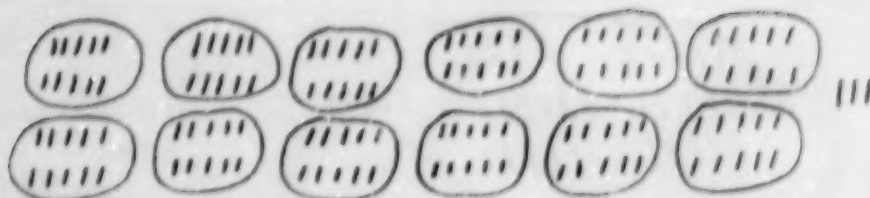
d) 1 centaine

e) 10

f) 1

g) 100

2. combien y a-t-il d'objets dans ce dessin ?



Qu'est-ce qu'il faudrait ajouter pour obtenir 134 ?

- a) 1 unité
- b) 11 unités
- c) 1 dizaine + 1 unité
- e) 1 centaine

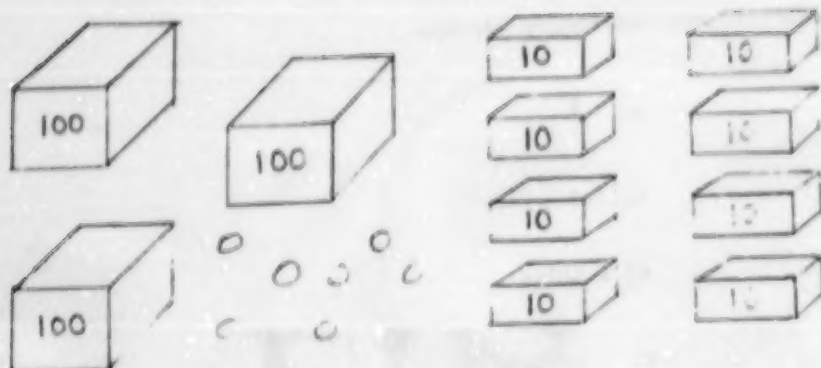
f)  /

g) 10

h) 11

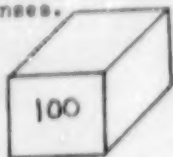
i) 1 centaine + 1 dizaine

3.11 y a 387 objets dans ce dessin.



Complète-le afin d'arriver à 388 objets en choisissant les bonnes réponses.

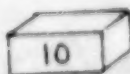
a)



b)



c)



d) 1 dizaine

e) 1 unité

f) 1

g) 10

4. 134 objets + _____ = 234 objets

Trouve toutes les bonnes réponses.

a) 1

b) 100

c) 1 unité

d) 1 centaine

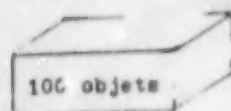
e) 1 dizaine

f) 10 dizaines

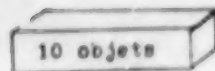
g) 100 unités

h) 10

i)



j)



5. Encerle toutes les bonnes réponses.

i) Une dizaine ça correspond à quoi?

a. 1

b. 10

c. ☐ ☐

d. ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

e. 

ii) 25 ça correspond à quoi?

a. $20 + 5$

b. 2 unités et 5 dizaines

c. 11 

d. 2 dizaines et 5 unités

iii) 8 unités et 2 dizaines ça correspond à quoi?

a. $10 + 7$

b. 78

c. $70 + 8$

d. 87

e. $90 + 7$

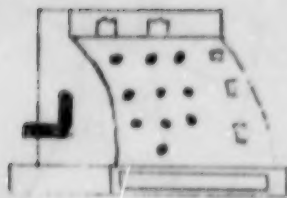
f. $17 + 8$

g. $8 + 7$

h. $7 + 8$

Problèmes simples

1. J'achète un crayon 0,05 \$, un cahier 0,20 \$ et une règle 0,25 \$. Combien me coûte ces achats?
2. Léo a lu 13 pages de son livre qui en contient 58 pages. Combien de pages lui reste-t-il à lire?
3. J'ai 7 billes, j'en perds 1. J'en gagne 2 autres. Combien en ai-je?
4. Dans la classe de Réal, il y a 34 élèves. Dans ma classe, il y a 2 élèves de plus. Combien d'élèves y a-t-il dans ma classe?
- 4B. D'habitude, il y a 15 joueurs dans l'équipe. Aujourd'hui, 2 joueurs sont malades. Combien sommes-nous?
5. Il y a 14 chaises à placer en 7 rangées. Combien de chaises par rangée?
6. Un garage de 3 étages peut contenir 15 autos par étage. Combien d'autos peut-on y remiser?



7. Luc achète un chips à 0,25 \$, une gomme à 0,10 \$ et une barre de chocolat à 0,35 \$. Combien a-t-il dépensé?



8. Dans la cour, 18 enfants jouent au ballon. 5 enfants s'en vont. Combien d'enfants y a-t-il dans la cour?



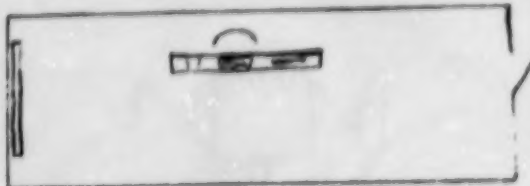
9. J'ai 7 bonbons. Mon frère m'en donne 2 autres. Je décide d'en donner 3 à mon ami. Combien ai-je de bonbons?



10. Papa a 34 ans. Ma mère a 2 ans de plus.
 Quel âge a ma mère?



11. Avec mon bicycle, je parcours 13 kilomètres en une (1) heure.
 Quelle distance puis-je parcourir en 2 heures?



12. Dans ma classe, il y a 16 pupitres à placer en 4 rangées.
 Combien y aura-t-il de pupitre dans une rangée?

Appendice C

Epreuves complémentaires d'intégration
des connaissances et des habiletés

Epreuves A, B et C

Consigne

"Sur les feuilles que vous avez, vous voyez différents exercices. Certains de ces exercices sont déjà effectués; vous n'avez pas à les refaire. Plusieurs exercices se ressemblent; vous pouvez les regarder attentivement et voir en quoi ils se ressemblent et en quoi ils sont différents. Cet examen vous permettra peut-être d'apprendre à les résoudre ou de trouver plus facilement les solutions."

Epreuve A

1.

39,

39

$\begin{array}{r} 39 \\ +1 \\ \hline \end{array}$

39,

2.

,64

60,

, 64

$$3. \quad \boxed{}, 315$$

$$\boxed{}, 15$$

$$\boxed{}, 315$$

$$\boxed{}, 215$$

$$9. \quad \boxed{}, 170$$

$$165, \boxed{}$$

$$\boxed{}, 170$$

$$4. \quad \boxed{}, 91$$

$$91$$

$$\begin{array}{r} -1 \\ \boxed{} \end{array}$$

$$\boxed{}, 91$$

Epreuve B

$$1. \quad 17 + 8 = 25$$

$$17 \quad 8$$

$$\begin{array}{r} 18 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ \hline \end{array}$$

$$2. \quad 41$$

$$\begin{array}{r} -12 \\ \hline \end{array}$$

$$29$$

$$40 - 12 = \underline{\hspace{2cm}}$$

3. 57

+19

76

50 + 10 = _____

Epreuve C

4. 12 + _____ = 17

5. 190 + _____ = 214

6. 124 + _____ = 144

7. 800 + 160 = 960

960 = _____ + 160

8. 190 + 24 = 214

190 + _____ = 214

9. 1530 = _____ + 1500

10. 124 = _____ + 20 + 4

Epreuve D

Consigne

"Je vais te présenter très rapidement des additions et des soustractions simples. Tu inscris ta réponse sur la feuille que tu as devant toi. N'essaie pas de compter avec tes doigts ou d'utiliser une feuille pour calculer, parce que tu n'auras pas le temps. Essaie plutôt de trouver, de te souvenir. Si tu ne connais pas une réponse, tu inscris un trait à côté du numéro de la question (E montre sur la feuille réponse comment inscrire les réponses, pendant qu'il présente la consigne)."

1. $39 + 1 =$

6. $8 + 9 =$

2. $40 - 1 =$

7. $19 + 1 =$

3. $3 + 7 =$

8. $20 - 1 =$

4. $7 + 3 =$

9. $28 - 9 =$

5. $8 + 8 =$

10. $26 + 9 =$

Epreuve E

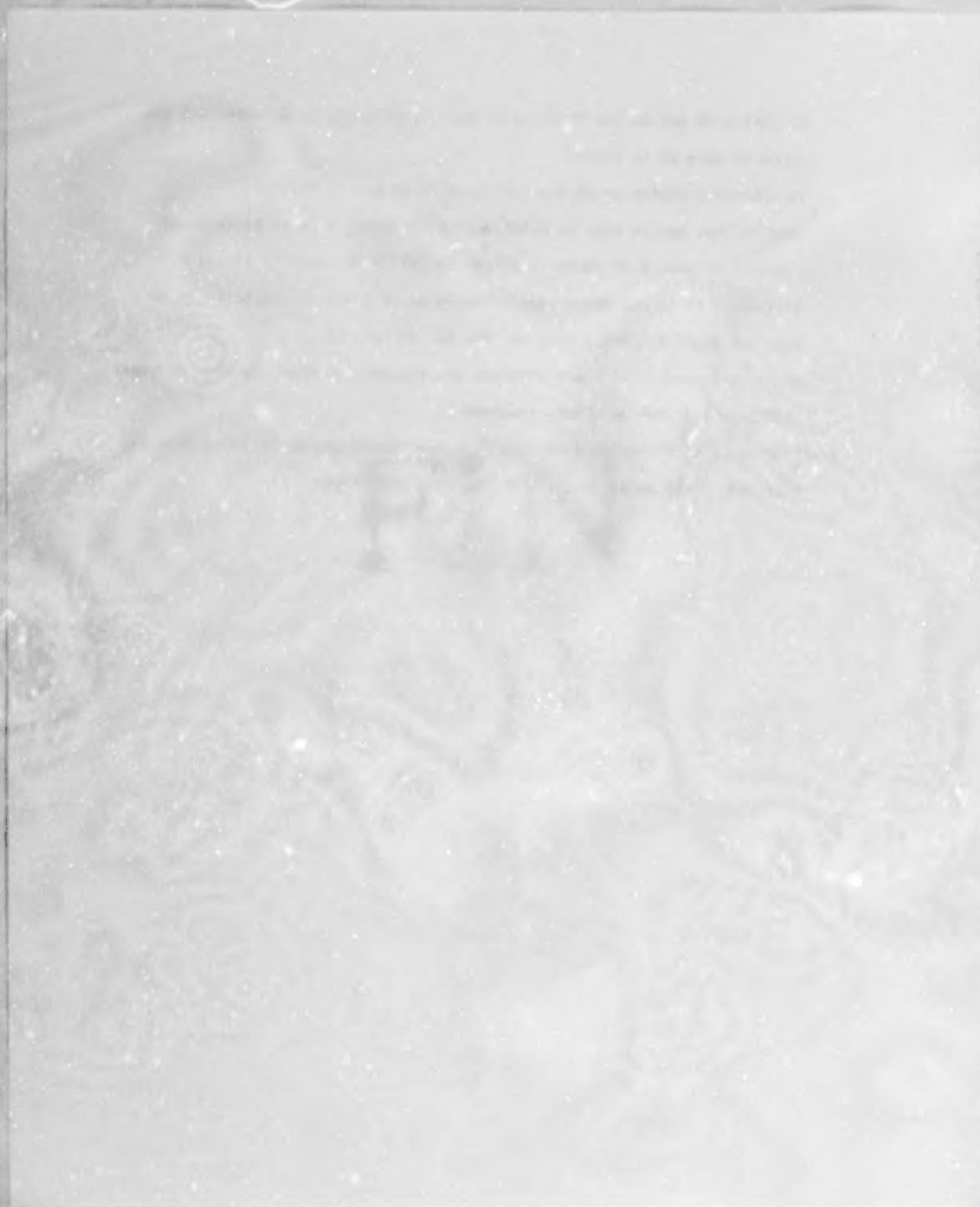
Consigne

"Vous vous souvenez, il y a quelques semaines, nous avons construit des problèmes ensemble. Aujourd'hui, je vous présente des problèmes semblables. J'aimerais que vous essayez de les résoudre. Si vous ne savez pas effectuer certains calculs, indiquez seulement les calculs à faire ou essayez de trouver une autre façon de calculer. "

Problèmes

1. Au cours d'un voyage en voiture, je roule à 130 km à l'heure pendant 2 heures.
Quelle distance aurai-je parcourue après 2 heures?
2. Je voyage durant 5 heures à une vitesse de 80 km à l'heure. Quelle est la distance que j'ai parcourue?
3. Je décide de voyager à bicyclette; je réussis à parcourir 8 km en une heure.
Si je garde la même vitesse, quelle sera la distance que j'aurai parcourue après 2 heures?
Si je continuais à faire de la bicyclette une heure de plus, quelle serait alors la distance parcourue?
4. Je voyage durant 5 heures à une vitesse de 80 km à l'heure. Si j'ai 640 km à parcourir, combien d'heures devrai-je ajouter à celles déjà passées?
5. Au cours d'un voyage de pêche, 3 élèves prennent 15 truites. Ces truites pèsent ensemble 30 kg. Quel est le poids d'une truite?
Les truites prises par les élèves sont vendues à 5\$ le kg. Combien d'argent cette vente rapporte-t-elle?
6. Tu avais 150\$; tu t'achètes un équipement de hockey à 80\$. Combien te reste-t-il?

7. Un père a 90 ans et son garçon a 12 ans. Quelle est la différence d'âge entre le père et le fils?
De combien d'années le père est-il plus vieux que le fils?
Dans 10 ans, quelle sera la différence d'âge entre le père et le fils?
8. J'achète un pain à 75 cents, 2 litres de lait à 80 cents le litre, 2 kg de steak à 5\$ le kg, une grosse boîte de riz à 1,99\$ et une boîte de gâteau Jos Louis à 0,98\$. Quel le coût de ces achats?
9. Dans votre classe, il y a 5 pupitres par rangée. Combien y-a-t-il de pupitres dans les deux dernières rangées?
10. Je réussis à placer 200 étudiants dans une classe contenant 20 rangées de pupitres. Combien ai-je placé d'étudiants par rangée?



Références

FIN

- ANDERSON, J. R. (1976). Language, Memory and Thought. Hillsdale, N. J. : Erlbaum.
- ANDERSON, J. R. (1980). Cognitive Psychology and its Implication. San Francisco: W. H. Freeman .
- AUSUBEL, D. P. , FITZGERALD, D. (1962). Organizer, general background and antecedent learning variables in sequential verbal learning. Journal of Educational Psychology, 53, 243-249.
- AUSUBEL, D. P. (1968). Educational psychology: A cognitive view. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- BELL, J. P. (1982) . Adaptation sociale, adaptation socio-affective et processus de raisonnement mathématique, Mémoire de maîtrise, Université de Montréal.
- BESSOT, A., COMITI, C. (1978). Une étude sur l'apprentissage du nombre par l'élève du cours préparatoire. Educational Studies in Mathematics, 9, (no. 1), 17-39.
- BROWN, J. S., BURTON, R. R. (1978). Diagnostic Models for Procedural Bugs in Basic Mathematical Skills. Cognitive Science, 2, 155-192.
- BRUECKNER, L. J. (1931). Diagnostic and Remedial Teaching. New York: Houghton
- BRUNO, R. M. (1981). Interpretation of pictorially presented social situations by learning disabled and normal children. Journal of Learning Disabilities 14, (no. 6), 350-352.
- BRYAN, T. H., WHEELER, R., FELCAN, J., HEHEK, T. (1976). Come on dummy: An observational study of children's communications. Journal of Learning Disabilities, 9, 661-669.
- BUDRECK, F. H. (1976). A comparison of social perception of learning disabled children and normal children (Doctoral Dissertation, Southern Illinois University, 1975). Dissertation Abstracts International, 36, 7942A-7943A.
- CASEY, D. P. (1978). Failing students: A strategy of error analysis, in P. Castello (Ed.): Aspects of motivation, Melbourne: Mathematical Association of Victoria.
- CLEMENT, M. A. (1980). Analysing children's errors on written mathematical tasks. Educational Studies in Mathematics, 11, (no. 1), 1-21.

- COMITI, C. (1980). Les premières acquisitions de la notion du nombre chez l'enfant. Educational Studies in Mathematics, 11, (no. 3), 301-318.
- COX, L. S. (1975). Systematic errors in the four vertical algorithms in normal and handicapped populations, Journal for Research in Mathematics Education, 202-220.
- DIFFORY-FARSIAN, S. (1979). Learning Disabilities. London.
- EMERY, E. J. (1975). Social perception processes and normal learning disabilities children (Doctoral Dissertation, New York University, 1975). Dissertation Abstracts International, 36, 1942B-1943B.
- FEDMAN, G. (1973). Reading and mathematics. The Arithmetic Teacher, 523-529.
- GAGNE, R. M. (1977). The Conditions of Learning, 3ième ed. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- GAGNE, R. M., WHITE, R. T. (1978). Memory Structures and Learning Outcomes. Review of Educational Research, 48, (no. 2), 187-222.
- GELMAN, R., GALISTELL, D. H. (1978). The Child's Understanding of Numbers. Harvard University Press.
- GINSBURG, H. (1977). Children's Arithmetic: The learning process. New York: Van Nostrand.
- GREENO, J. C. (1978) Natures of problem-solving abilities, in W. E. Estes (ed.), Handbook of Learning and Cognitive Processes, 5, Hillsdale, N. J.: Erlbaum.
- GRENON, H. (1982). Comité des habiletés de base; V: la division, Instantanés mathématiques, 6-21.
- HAGEN, J. W., BARCLAY, C. R., SCHUETHLM, B. (1981). Cognitive development of the learning disabled child. in W. Ellis (Ed.) International Review of Research in Mental Retardation, New York: Academic Press.
- HALPERN, H. (1981). Mathematics for the learning disabled. Journal of Learning Disabilities, 14, (no. 9), 505-507.
- HINSLEY, D., HAYES, J. R., SIMON, H. A. (1977). From words to equations, in P. Carpenter and M. Just (Eds.), Cognitive Processes in Comprehension, Hillsdale, N. J.: Erlbaum.
- KRUTETSII, C. A. (1976). The Psychology of Mathematical Abilities in School-children, University of Chicago Press.
- LEMOYNE, G., FAVREAU, M. (1981). Piaget's concept of number: its relevance to mathematic learning. Journal for Research in Mathematics Education, 12, (no.3), 179-196.

- LEMOYNE, G., TREMBLAY, C. (1983). Interprétation de certaines expressions référant à des situations mathématiques, Congrès de "Psychology of Mathematics Education",
- LEMOYNE, G., VINCENT, S. (1982). Intégration en mémoire de la suite des nombres naturels, Cahiers de psychologie cognitive, 2, (no. 3), 227-250.
- LINDGALL, M., IBARRA, C. G. (1980). Incorrect procedures used by primary grade pupils in solving open addition and subtraction sentences, Journal for Research in Mathematics Education.
- MAYER, R. E. (1982). Memory for Algebra Story Problems, Journal of Educational Psychology, 74, (no. 2), 199-216.
- NEWMAN, M. A. (1977). An analysis of sixth-grade pupils' errors on written mathematical tasks, in M. A. Clement and J. Fayster (Eds.) : Research in Mathematics Education in Australia, Melbourne, 1, 239-258.
- RADATZ, H. (1979). Error analysis in mathematics education. Journal for Research in Mathematics Education, 163-172.
- ROSS, A. O. (1977). Learning Disability. New York: McGraw Hill.
- SILVER, E. A. (1981). Recall of mathematical problem information: Solving related problems, Journal for Research in Mathematics Education, 12, 54-64.
- SMITH, R. P. (1973). Diagnosis of pupil performance on place-value tasks. The Arithmetic Teacher, 20, (no. 5), 403-408.
- SPIVAK, G., PLATT, J. J., SHURE, M. B. (1976). The Problem-Solving Approach to Adjustment, San Francisco: Jossey-Bass.
- STEFFE, L. P., HATFIELD, L. L. (1977). A constructivist model for number and numeration. Communication at the Durham, N. H. Meeting of the Research Workshop on Learning Models.
- TORGESSEN, J. K. (1975). Problems and prospects in the study of learning disabilities, in E. M. Netherington (Ed.), The Review of Child Development Research, 5, Chicago: The University of Chicago Press.
- TORGESSEN, J. K. (1977). The role of non-specific factors in the task performance of learning disabled children: A theoretical assessment. Journal of Learning Disabilities, 10, 33-41.
- WICKELGREN, W. A. (1974). How to solve problems, San Francisco: Freeman.
- WITTHOCK, M. C. (1967). Replacement and nonreplacement strategies in children's problem solving, Journal of Educational Psychology, 58, 69-74.
- VERGNAUD, G. (1981). L'enfant, la mathématique et la réalité. Collection Exploration, Série: Recherches en sciences de l'éducation, Berne: Lang.



RR-015